

PALÉONTOLOGIE HOUILLÈRE

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE
DE FRANCE

7^e SÉRIE, TOME II

N° 5

P. 527-694 ; Pl. XI-XVIII.

Périodique bimestriel publié avec le concours du Centre national de la recherche scientifique

PARIS
AU SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ

28, rue Serpente, 6°

1960

JUIN 1961

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

FONDÉE LE 17 MARS 1830.

Etablissement d'Utilité publique, reconnu par Ordonnance du 3 avril 1832.

Extraits des Statuts.

(Conditions d'admission.)

ARTICLE I. — L'Association dite « Société géologique de France », fondée le 17 mars 1830, a pour objet de concourir à l'avancement de la Géologie en général, et particulièrement de faire connaître le sol de la France, tant en lui même que dans ses rapports avec les Arts industriels et l'Agriculture.

La durée de la Société est illimitée. Elle a son siège social à Paris.

ARTICLE II. — La Société contribue aux progrès de la Géologie par des débats, des publications et par des encouragements (Prix et Fondations).

La Société tient ses séances ordinaires à Paris; en outre, elle peut tenir une ou plusieurs séances extraordinaires dans une région ou sur un sujet qui aura été préalablement déterminé par le Conseil.

La Société publie : un *Compte rendu sommaire des Séances* et un *Bulletin* distribués gratuitement aux membres; des *Mémoires* qui ne sont pas distribués gratuitement aux membres.

La Société forme une Bibliothèque.

ARTICLE III. — Le nombre des membres de la Société est illimité; les Français et les Étrangers peuvent en faire partie. Il n'existe pas de différences entre les membres.

Pour faire partie de la Société, il faut s'être fait présenter dans une de ses séances par deux membres de la Société qui auront signé la présentation, et avoir été proclamé membre dans la séance suivante.

Extraits du Règlement.

(Publications.)

N° 12. — Tous les travaux destinés à l'impression doivent être inédits et avoir été présentés en séance.

N° 13. — L'insertion dans les publications de la Société des travaux présentés par les membres, ou éventuellement par des auteurs étrangers à la Société, est toujours subordonnée à l'avis de la Commission compétente.

N° 14. — Les manuscrits des communications déposés au Secrétariat et non encore publiés ne peuvent être communiqués ou remis, en dehors des membres des Commissions compétentes et des rapporteurs, qu'à leurs auteurs ou aux personnes qu'ils auront autorisées par écrit à en prendre connaissance.

N° 15. — La langue française est seule admise dans les publications de la Société.

N° 17. — L'ensemble des notes par année, d'un même auteur, comptées du 1^{er} avril au 31 mars suivant, ne peut dépasser le total de 16 pages¹, la planche photographique équivalant à 4 pages de texte. Le Conseil peut, par décision spéciale, autoriser la publication de notes plus longues.

1. A la suite du changement de format et de la reproduction de photographies en simili-gravure dans le texte, le Conseil (séance du 2 février 1959) a établi l'équivalence pour le total des notes de chaque auteur à 10 pages du nouveau format; 1 planche en phototypie équivaut à 4 pages de texte; 1 page de simili à 2 pages de texte; les figures en simili, intercalées dans le texte, à 3 fois leur surface.

Avantages accordés aux membres.

Les membres de la Société reçoivent gratuitement le *Compte rendu sommaire des Séances* et le *Bulletin* (statuts, II).

Ils peuvent acheter à la Société : avec une remise de 25 %, les *Comptes rendus sommaires*, les *Bulletins*, la *Bibliographie*; avec une remise de 20 %, les *Mémoires* de Géologie, de Paléontologie et ceux de la Nouvelle série par mémoires séparés.

Les membres peuvent utiliser le prêt des livres à domicile de la Bibliothèque (sauf les cartes, les traités, les ouvrages rares ou nouvellement présentés).

Cotisation 1961 : 35 NF (3 500 fr). Étranger : 40 NF (4 000 fr).

Pour tous renseignements, achats et abonnements, s'adresser impersonnellement au Secrétaire de la Société, 23, rue Serpente, Paris, VI^e.

Chèques postaux : Paris 173-72. Téléphone : Dan. 90-61.

COMPTE RENDU SOMMAIRE
ET
BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE
DE FRANCE
1960



Digitized by the Internet Archive
in 2024

COMPTE RENDU SOMMAIRE
ET
BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

SEPTIÈME SÉRIE

TOME SECOND

Année 1960

PARIS
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE
28, rue Serpente, 6^e

Étude palynologique préliminaire du bassin houiller de Lorraine. Application à la corrélation des couches

par Boris ALPERN *

(avec la collaboration technique de F. TROLARD et J. GIRARDEAU).

PLANCHES XI ET XII.

Sommaire. — L'analyse qualitative et quantitative des microspores extraites des charbons du bassin de Lorraine a été entreprise au Centre d'études et recherches des Charbonnages de France (Cerchar) depuis 1954. Nous présentons dans cet article préliminaire les coupes palynologiques de quatre sièges en exploitation dans le Westphalien C et D : Merlebach, Cuvelette, Simon et Sainte-Fontaine et celle du sondage de Valmont 1. Les diagrammes de fréquence établis permettent de situer ce sondage avec une bonne précision, tant stratigraphiquement que du point de vue minier. Des lignes de corrélation entre les cinq coupes sont proposées. Les genres-guides qui servent de base à ces corrélations sont : *Densosporites*, *Lycospora*, *Torispora*, *Crassosporites*, *Punctatosporites*, *Verrucosporites*.

INTRODUCTION. — C'est en 1953 qu'ont débuté au Cerchar (Centre d'études et recherches des Charbonnages de France) les premiers travaux de palynologie¹. Nous étions à cette époque à peu près les seuls à travailler dans ce domaine dans le but précis d'établir des corrélations stratigraphiques. Notre travail a donc dû débiter par la mise au point de toutes les méthodes d'attaque et d'analyse, et surtout par la constitution de catalogues morphographiques de référence. Une de nos autres préoccupations majeures était d'établir presque simultanément des échelles stratigraphiques types pour le Carbonifère français.

Nos efforts se sont très vite orientés sur le bassin lorrain qui se révélait particulièrement propice à l'étude des microscopres grâce au rang peu élevé de ses charbons.

Nous ne présenterons pas, dans cet article, l'ensemble des données actuellement acquises sur ce bassin ; nous nous bornerons à donner un exemple assez typique du travail que nous poursuivons. Il s'agit de la mise en place stratigraphique et de la corrélation du sondage de Valmont 1 avec certains des sièges en exploitation dans le bassin, notamment ceux de Simon, Merlebach et Cuvelette, tous principalement situés dans le groupe dit des « flambants

inférieurs », correspondant à peu près à la partie inférieure du Westphalien D.

Nous ferons précéder l'exposé des résultats obtenus d'une courte description des méthodes utilisées et des spores-guides rencontrées.

Les travaux palynologiques sur le Westphalien lorrain se poursuivent et se développent actuellement ; une synthèse stratigraphique générale par les microspores est en cours d'élaboration et sera publiée dans un proche avenir.

I. LES MÉTHODES. — Chaque veine de charbon a fait l'objet d'un échantillon moyen représentatif par mètre de puissance. Pour les sièges en exploitation, chacune de ces veines a fait l'objet de plusieurs prises importantes en des points différents, généralement 3. L'échantillon a été prélevé d'une manière homogène depuis le toit jusqu'au mur.

Pour la macération nous avons employé la méthode classique de Schulze utilisant le chlorate de potassium et l'acide nitrique. Les durées de l'attaque sont très variables et vont d'une trentaine à plus de 200 heures. Le comptage se fait au microscope au grossissement d'environ

* Note présentée à la séance du 2 mai 1960.

1. Sur le bassin houiller de Lons-le-Saunier (Jura).

600, et 2 000 spores sont comptées par analyse. Ces spores sont divisées conventionnellement en spores principales (fréquence supérieure à 1 %) et en spores accessoires (< 1 %). Les spores quantitativement négligeables (< 0,1 %), mais parfois significatives, sont enregistrées séparément, après le comptage principal, au cours d'une exploration systématique des lames.

L'ensemble des résultats est reporté sur une feuille d'analyse et fait l'objet de deux diagrammes représentatifs. Dans les diagrammes que nous présentons ci-dessous chaque ligne horizontale représente la moyenne de toutes les analyses effectuées sur une même veine donnée. Seules les spores-guides, c'est-à-dire les spores principales présentant des variations utilisables, ont été représentées. Entre deux lignes horizontales successives nous dessinons un fuseau qui est en fait une extrapolation. Lorsque les veines sont très rapprochées, les petites indentations obtenues sont généralement peu significatives. Lorsque les veines sont très éloignées l'extrapolation est alors aléatoire un ventre ou un nœud pouvant très bien s'y trouver sans avoir été détectés. C'est pourquoi l'étude la plus complète possible des séquences est nécessaire.

II. LES SPORES-GUIDES. — Les sept colonnes qui sont figurées sur nos diagrammes de fréquences (texte-fig. 1) ne représentent pas la totalité des genres ou des groupes utilisables, mais ce sont les plus significatifs d'entre eux pour l'ensemble du bassin, si nous ne considérons que les spores abondantes. Chaque nombre placé en tête de colonne représente soit une espèce, soit un genre. La somme de plusieurs genres mal délimités est parfois effectuée. Considérons rapidement chacune de ces spores-guides².

Densosporites BERRY 1937 (Pl. XI, n° 1, 1 b). Le groupe très important des *Densosporites* est simplement subdivisé en deux. D'une part (n° 1) l'ensemble des *Densosporites* à monocingulum s'affinant plus ou moins vers l'équateur, et à exine généralement bien ornementée (fig. 1 à 14). Dans cet ensemble se trouvent de nombreuses espèces notamment *D. duriti* (POT. KR.) et *D. solaris* (BALME).

D'autre part (n° 1 b) l'ensemble des *Densosporites* cingulizonées (cingulum + zona), de petite taille, à exine peu ornementée (fig. 15 à 20), correspondant partiellement aux espèces *D. lori* (BHARD.) et *D. parvus* (HOFF. STAP. MAL.).

Lycospora SCHÖPF, WILSON, BENTALL 1944 (Pl. XI, n° 3). Ce genre est très abondant dans

tout le Westphalien D. Les espèces correspondent généralement à *L. pusilla* (IBR.), *L. punctata* (Kos.), *L. granulata* (Kos.), *L. brevijuga* (Kos.) (fig 21 à 28).

Torispora BALME 1952 (Pl. XII, n°s 44 et 51). Le numéro 44, *T. verrucosa* (ALP.), ne correspond qu'à une seule espèce à densification polaire nette et exine fortement ornementée (fig. 29 à 33). Le numéro 51 correspond principalement à *T. securis* (BAL.) mais aussi à *T. granulata* (ALP.). Toutes les transitions sont perceptibles entre ces diverses espèces de *Torispora* qui ne se distinguent que par leur ornementation (fig. 34 à 45).

Crassosporites ALPERN 1958 (Pl. XII, n° 56). Ce genre (n° 56) se délimite assez mal de l'espèce *T. securis* avec laquelle il présente de nombreuses transitions. C'est pourquoi sur les diagrammes de synthèse nous faisons la somme 51 + 56. Contrairement à *T. securis*, la forme reste cependant généralement ovale et la marque monolète perceptible (fig. 46 à 53).

Punctatosporites IBR. 1933 (Pl. XII, n° 53). Sous le n° 53 se trouvent toutes les monolètes à ornementation fine (fig. 54 à 58). Les espèces principales sont *P. minutus* (IBR.), *P. granifer* (POT. KR.).

Verrucosporites KNOX (Pl. XII, n° 66). Seule l'espèce *V. obscurus* (Kos.) figure sous le n° 66 (fig. 59 à 63).

III. LES RÉSULTATS. — Considérons les phénomènes marquants de chacune des coupes en essayant de les examiner comparativement. Partons pour cela de la coupe de Merlebach prise du haut vers le bas (texte-fig. 1).

Deux observations essentielles se dégagent d'emblée :

1) la disparition quasi-définitive sous Erna 3 des spores n°s 44 et 66.

Ce phénomène de disparition des n°s 44 et 66 se retrouve :

— à Simon au-dessous de la veine F,
— à Valmont 1 au-dessous de 959 m.

Ces trois niveaux peuvent donc être mis en corrélation.

2) L'apparition de la spore n° 1 à partir de la veine 1 de Merlebach.

Ce second phénomène se retrouve :

— à Cuvelette à partir des veines 0 et 1.
— à Simon à partir d'Henri,
— à Valmont 1 à partir de 1 142 m.

Ces quatre niveaux peuvent donc être mis en corrélation.

2. Pour une description plus détaillée se reporter à la bibliographie.

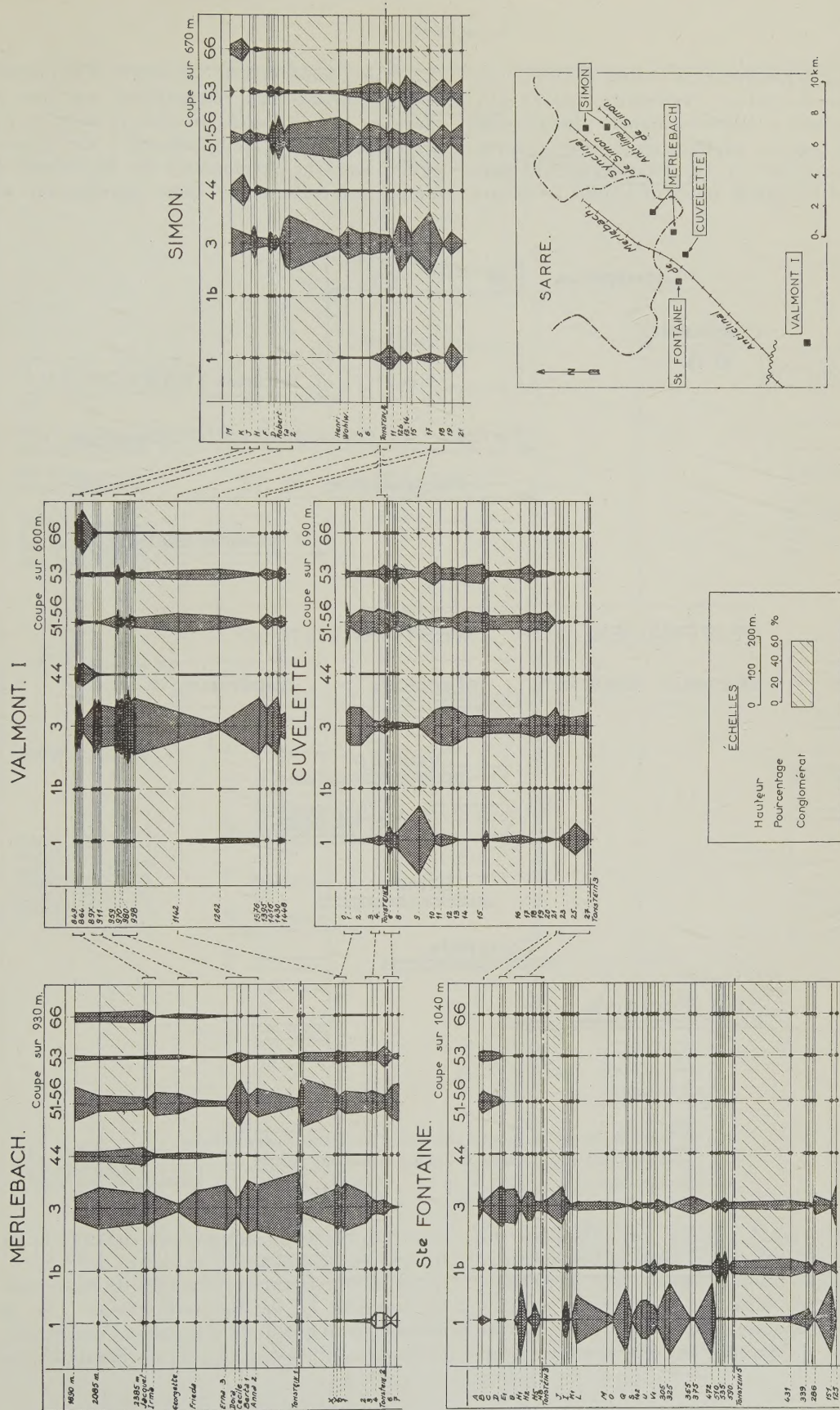


FIG. 1. — Diagrammes de fréquences palynologiques des sièges et du sondage étudiés.
Erratum. La colonne 1 de la coupe de Merlebach doit être considérée comme noire.

Il faut noter cependant à propos de ces points 1 et 2 que de petites récurrences ou prolongations peuvent s'observer, mais le plus souvent à l'état de spores négligeables ou accessoires. Ainsi notamment on trouve encore quelques spores 44 et 66 sous le tonstein 1 dans les veines

0 à 4 de Merlebach et Cuvelette. De même on note à Simon une réapparition un peu plus marquée à Wohlwerth, on observe aussi ce point à 1 142 m et 1 262 m à Valmont 1. Cette prolongation sous le conglomérat de Merlebach loin d'être accidentelle est donc significative et à

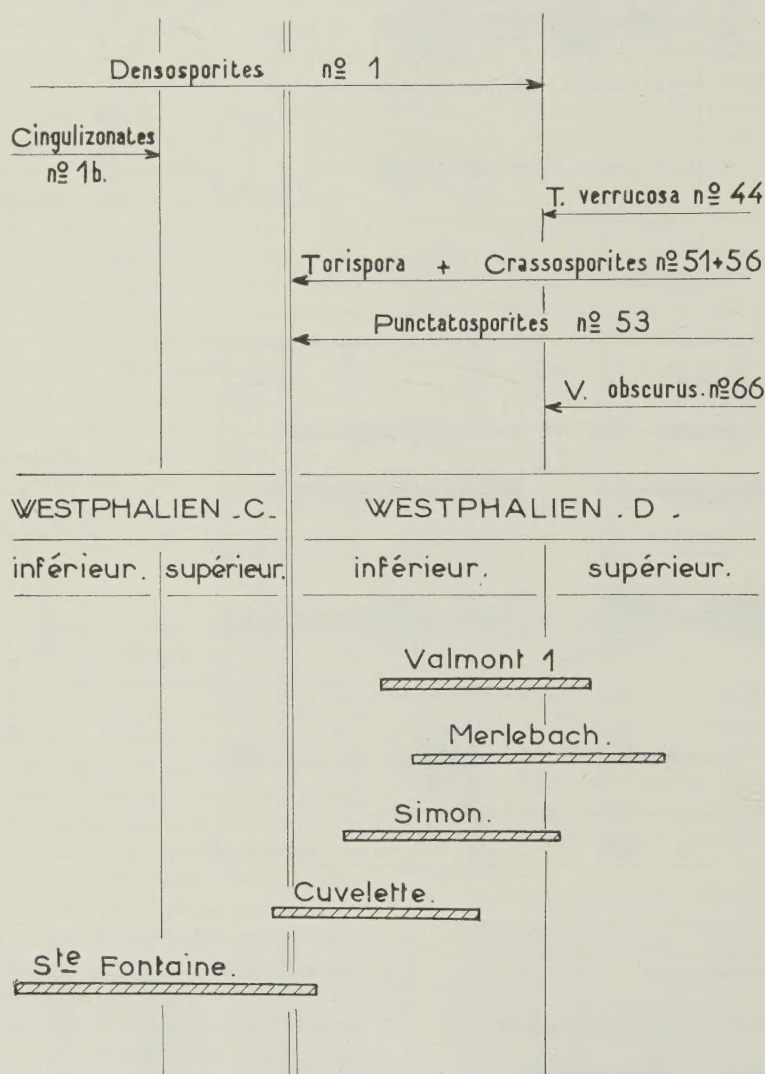


FIG. 2. — Zones chronologiques de répartition des spores-guides utilisées et position stratigraphique des sièges et sondages étudiés.

peu près constante. Quant aux *Densosporites* (n° 1) elles s'effilent vers le haut et on en trouve encore quelques-unes à Anna 2 (de Merlebach) et à Robert (de Simon).

Si nous considérons maintenant les coupes de Cuvelette et Sainte-Fontaine nous y obser-

vons un même phénomène important : la fin de toutes les monolètes granulaires (nos 51 + 56 + 53) à partir de la veine 21 de Cuvelette et de la veine E₁ de Sainte-Fontaine. Ces deux niveaux peuvent donc être mis en corrélation.

On constate alors que H₁ de Sainte-Fontaine

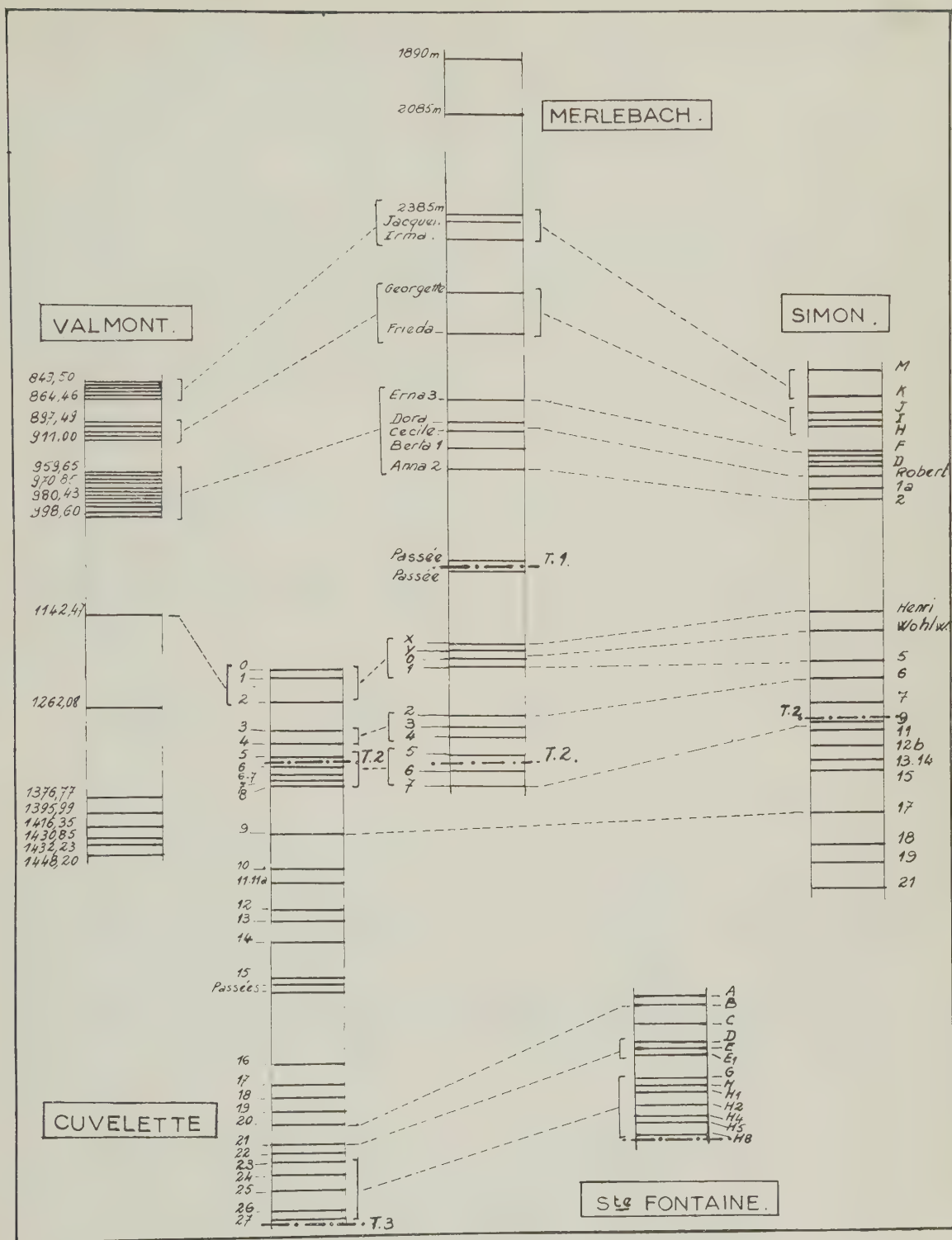


FIG. 3. — Corrélations palynologiques. T = tonstein.

serait égal à 25 de Cuvelette par maximum de la *Densosporites* et que la régression de cette dernière mettrait en ligne H₈ et la veine 27 de Cuvelette.

Un dernier phénomène important ne se produit qu'à Sainte-Fontaine : c'est l'apparition des spores n° 1 b (*Cingulizonates*) dans la moitié inférieure de la coupe. Ce fait est très significatif et nous l'avons retrouvé dans divers sondages et sièges non présentés dans cet article.

Si nous rassemblons schématiquement l'ensemble des données acquises nous obtenons les corrélations palynologiques de la fig. 3 et le diagramme théorique provisoire de la fig. 2.

Notons cependant, pour clore ce chapitre d'une manière quelque peu restrictive, que les notions de veine ou de coupe étalon ont une valeur moins générale et moins concrète qu'il pourrait sembler à première vue. En effet la subdivision ou dichotomie d'une même veine, ou le raccordement de deux veines en une seule, sont la règle quasi-générale. Il en résulte que l'échelle-type a toujours une valeur quelque peu abstraite. Le nombre des veines, leurs distances relatives, leurs puissances, varient selon les points de prélèvements, ce qui fait que la corrélation couche par couche est parfois non seulement difficile ou impossible à atteindre mais constitue également un faux objectif puisqu'on ne peut trouver dans la nature plus d'uniformité qu'elle n'en présente en réalité. Ceci étant précisé, qui nous a conduit à ne proposer le plus souvent que des corrélations entre faisceaux, largement suffisantes d'ailleurs pour le bassin, il est important de noter que les coupures palynologiques sont indépendantes de toutes les variations mineures locales.

CONCLUSION. — L'utilisation statistique des microspores extraites des charbons a permis de placer avec précision le sondage de Valmont 1 effectué 8 km à l'E du siège de Faulquemont (Lorraine). Ce sondage est en corrélation d'une manière satisfaisante avec les sièges de Merlebach, Cuvelette, Simon (flambants inférieurs) et non pas avec le siège de Faulquemont, contrairement à ce que l'on aurait pu penser.

Ce point revêt une certaine importance en ce qui concerne l'exploitation du bassin et sa connaissance géologique.

Stratigraphiquement parlant, le sondage de Valmont 1 se situe principalement dans le Westphalien D inférieur.

L'ensemble des observations acquises permet d'échafauder une échelle stratigraphique, encore provisoire, basée sur les microspores et intéressant le Westphalien D et une partie du Westphalien C.

Une coupe complète de la série stratigraphique lorraine est en voie d'achèvement.

Bibliographie.

- ALPERN B. (1958). — Essai de corrélation par la palynologie de couches de charbon stéphanien recoupées par quatre sondages dans la région de Lons-le-Saunier (Jura). In Coll. intern. pétrogr. charbon, Paris, oct. 1957. *Rev. Ind. minérale*, n° spécial, août.
- (1959). — Contribution aux méthodes et à la systématique palynologiques et pétrographiques des charbons. Application au problème de la corrélation des couches. Thèse, 1957. Paris, impr. Circex.
- (1961). — La palynologie du Carbonifère. Rapport

- sur les travaux du 1^{er} Congrès international de pétrologie du charbon. 4^e Congr. intern. *Stratigr. Carbonifère*, Heerlen (en cours de parution).
- ALPERN B. avec la coll. de GIRARDEAU J. et TROLARD F. (1958). — Description de quelques microspores du Permo-Carbonifère français. *Rev. Micropal.*, vol. 1, n° 2, p. 75-86, 2 pl.
- (1960). — Répartition stratigraphique de quelques microspores du Carbonifère supérieur français. In 1^{er} Congr. intern. pétrologie charbon. *Proc. intern. Comm. Coal Petrol.*, n° 3, p. 173-176, pl. 14-19.

LÉGENDES DES PLANCHES XI ET XII.

Microscope Panphot (Leitz). — Film 24 × 36 mm, Kodak. Plus X. — × 600.

PLANCHE XI.

N° 1 : *Densosporites*.

1 : Cuvelette, veine 4, 42 × 46 μ ; 2 : Cuvelette, veine 26, 36 × 52 μ ; 3 : Valmont, 983,95 m, 40 × 50 μ ; 4 : Cuvelette, veine 10, 42 × 44 μ ; 5 : Sainte-Fontaine, veine V 1, 56 × 50 μ ; 6 : Cuvelette, veine 23, 56 μ ; 7 : Simon, veine 9, 32 × 44 μ ; 8 : Sainte-Fontaine, veine 1, 45 μ ; 9 et 10 : Cuvelette, veine 23 (9 : 58 × 48 μ ; 10 : 52 × 48 μ) ; 11 : Sainte-Fontaine, veine H 4, 44 × 52 μ ; 12 : Cuvelette, veine 26, 44 × 60 μ ; 13 : Cuvelette, veine 23, 35 × 54 μ ; 14 : tétrade de *Densosporites*, Sainte-Fontaine, veine H 4.

N° 1 b : *Densosporites* (*Cingulizonates*). Sainte-Fontaine, veine 1.

15 : 37 × 29 μ ; 16 : 32 μ ; 17 : 36 × 28 μ ; 18 : 36 × 29 μ ; 19 : 34 μ ; 20 : 36 × 32 μ .

PLANCHE XII.

N° 3 : *Lycospora*.

21 : Simon, veine 19 b, 24 μ ; 22 : Sainte-Fontaine, veine A, 28 μ ; 23 : Merlebach, veine 7, 31 × 26 μ ; 24 : Valmont, 982,75 m, 32 × 25 μ ; 25 : Sainte-Fontaine, veine D, 28 μ ; 26 : Cuvelette, veine 2, 32 × 40 μ ; 27 et 28 : Valmont, 981 m (27 : 32 μ ; 28 : 35 × 36 μ).

N° 44 : *Torispora verrucosa*.

29 et 30 : Cuvelette, veine 2 (29 : 52 × 28 μ ; 30 : 44 × 32 μ) ; 31 : Valmont, 855,90 m, 17 × 32 μ ; 32 : Merlebach, veine Frieda, 20 × 32 μ -24 × 30 μ ; 33 : Simon, veine Wohlwerth, 20 × 32 μ ; 34 : Sainte-Fontaine, veine A, 20 × 30 μ .

N° 51 : *Torispora* (autres espèces).

35 : Simon, veine C, 24 × 34 μ ; 36 : Merlebach, veine Berta 1, 26 × 36 μ ; 37 et 38 : Simon, veine 2 (37 : 33 μ ; 38 : 33 × 42 μ) ; 39 : Merlebach, veine Erna 3, 25 × 30 μ ; 40 : Cuvelette, veine 2, 36 × 28 μ ; 41 : Simon, veine C, 28 × 36 μ ; 42 à 45 : Simon, veine 2 (42 : 30 × 34 μ ; 43 : 26 × 41 μ ; 44 : 25 × 42 μ ; 45 : 32 × 40 μ).

N° 56 : *Crassosporites*.

46 : Valmont, 855,90 m, 24 × 26 μ ; 47 : Valmont, 908,54 m, 33 × 27 μ ; 48 : Merlebach, veine Erna 3, 29 × 39 μ ; 49 : Cuvelette, veine 2, 25 × 30 μ ; 50 et 51 : Simon, veine 2 (50 : 24 × 32 μ ; 51 : 24 × 30 μ) ; 52 : Simon, veine 1 a, 36 μ ; 53 : Simon, veine 7, 24 × 30 μ .

N° 53 : *Punctatosporites*.

54 : Valmont, 909,55 m, 12 × 14 μ ; 55 : Simon, veine 5, 20 μ ; 56 : Valmont, 965 m, 25 × 28 μ ; 57 : Valmont, 966,48 m, 23 × 32 μ ; 58 : Merlebach, veine 7, 25 μ .

N° 66 : *Verrucosporites obscurus*.

59 : Merlebach, veine Frieda, 19 × 25 μ ; 60 : Valmont, 855,90 m, 20 × 28 μ ; 61 et 62 : Simon, veine Wohlwerth (61 : 26 × 40 μ ; 62 : 30 × 38 μ) ; 63 : Cuvelette, veine 2, 26 × 32 μ .

Le Carbonifère post-tassilien du bassin de Reggan (Sahara occidental)

par André BONNET, Jean FABRE et Robert FEYS*.

PLANCHE XIII a.

Sommaire. — Dans la région de Reggan les sondages pétroliers ont montré l'existence d'un bassin carbonifère où l'on peut distinguer deux séries continentales attribuables au Namurien et au Stéphaniens. On décrit ici quelques fossiles nouveaux qui y ont été trouvés : écailles de Poisson, *Leaia*, *Cordaïtes*.

Le bassin carbonifère qui s'étend entre la ride précambrienne d'Adrar et le cristallin des Eglab, aux confins du Tanezrouft, est presque entièrement caché sous les formations récentes du N de l'Erg Chech. Il correspond, *grosso modo*, au cœur de la « synéclyse de Reggan » de la carte tectonique internationale. Son extension a été révélée par les sondages profonds exécutés par la Compagnie d'exploration pétrolière (C. E. P.). Les sondages Rezeg Allah (R. A.), Mokhtar (MR et KT 7) ont montré l'existence du Carbonifère assez loin vers le Sud, au-delà des affleurements déjà signalés de Mouilah, et vers le Sud-Ouest. Celui de Kalouche 101, à peu près au centre du bassin, a mis en évidence l'épaisseur de l'ensemble carbonifère. Enfin une série de petits sondages de reconnaissance désignés par le sigle K T (Kakhal Tabelbala), implantés dans un couloir de l'Erg Chech qui, partant à 20 km à l'W du Djebel Meirane se dirige vers le Sud-Sud-Ouest en direction des minuscules affleurements namuriens de Bir ben Djilali (au NNE du puits plus connu de Bir Ben Takoul), ont montré la dissymétrie du bassin. Celui-ci s'allonge suivant un axe NW-SE. Partant de l'Est, il s'approfondit rapidement pour remonter régulièrement vers l'Ouest, sur le cristallin des Eglab.

Le Carbonifère se présente ici, de la base au sommet, sous un faciès argilo-gréseux avec quelques niveaux calcaires. Le Carbonifère supérieur est en grande partie continental. Cependant des horizons marins dans le Namurien ont permis aux géologues de la C. E. P. de raccorder les grandes subdivisions lithologiques à l'échelle stratigraphique générale.

On distingue ainsi :

— Le « Continental post tassilien », Carbonifère supérieur.

— Par endroits une discordance mesurable, soulignée localement par un conglomérat polygénique.

— Le Namurien, marin, lagunaire et continental.

Les fossiles sont rares dans ces formations. Aussi avons-nous cru utile de signaler de récentes découvertes (J. F.) qui viennent confirmer ou préciser la stratigraphie établie.

I. LE NAMURIEN. — Sur le bord sud-est du bassin où il affleure, les calcaires, les marnocalcaires et les marnes sont bien représentés. A Aïn Ech Chebbi, les grès, mal cimentés, assez grossiers, à petits galets, prennent de l'importance vers le sommet de la formation.

Au centre du bassin il est formé d'une alternance d'argilites et de grès rouges coupée de quelques niveaux marins à Brachiopodes, Pectinidés etc...

Les argilites, souvent conchoïdales, lie de vin, gris mauve ou gris clair contiennent parfois de petits amas de carbonate ou d'anhydrite, des grains de quartz, d'oxyde de fer ou des boulettes d'argile remaniée, noyées dans le fond argileux, en poches ou remplissant des filons clastiques (craquelures de dessiccation contemporaines du dépôt ?) Les grès sont fins, à ciment argileux. On note quelques lits de quartzite lustré gris brun ou blanc.

* Note présentée à la séance du 2 mai 1960. Les auteurs remercient vivement la Direction de la Compagnie d'exploration pétrolière de les avoir autorisés à publier ces informations.

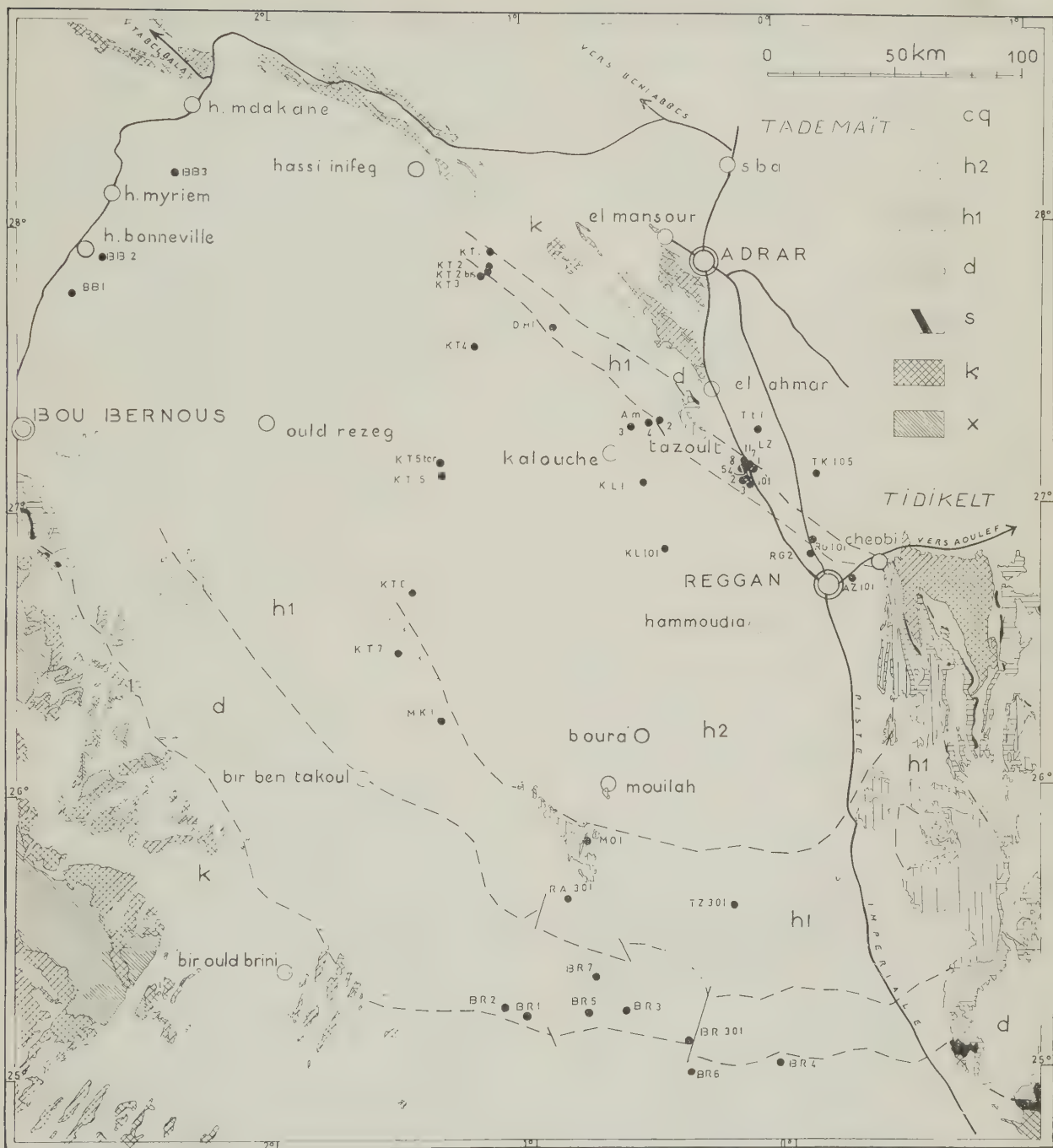


FIG. 1. — Carte schématique du bassin de Reggan.

cq : Quaternaire, Tertiaire et Continental intercalaire. — h 2 : Continental post-tassilien et Namurien supérieur. — h 1 : Namurien inférieur, Viséen, Tournaisien. — d : Dévonien. — s : Gothlandien. — k : Cambro-Ordovicien. — x : socle cristallin.

Les traces animales (terriers, guilielmites, tubulures) sont relativement fréquentes et les restes animaux ou végétaux sont rares. Ceux-ci sont représentés uniquement par le genre *Calamites* sans valeur stratigraphique.

Les premiers vont nous retenir un peu plus.

a) *Poissons* (J. F.). Au sondage KT3 ($x = 10^{\circ} 10' W$; $y = 27^{\circ} 49' N$), vers 400 m de profondeur, un horizon d'argilite grise, compacte, a livré des écailles, accompagnées de débris osseux très fragmentés et indéterminables. Ces écailles, de petite taille pour la plupart (2 à 3 mm en moyenne) sont bien conservées mais très fragiles. Vu leur petit nombre, et l'absence d'autres fragments déterminables de l'animal, on ne peut, sans présomption, en donner une détermination spécifique complète.

La plupart (8 ou 10) appartiennent au genre *Elonichthys* dont elles montrent l'ornementation caractéristique, oblique par rapport aux bords de l'écaille (Pl. XIII a, fig. 3 à 5). Toutefois une écaille de flanc (Pl. XIII a, fig. 2) haute de 2,5 mm pourrait être rapportée au genre voisin *Gonatodus* (peut être *Gonatodus punctatus* AGASSIZ) si l'on considère sa surface lisse, seulement ornée de ponctuations en creux. Il pourrait en être de même pour 1 ou 2 autres spécimens.

Une autre écaille (Pl. XIII a, fig. 6), longue de 6 à 7 mm, large de 2 mm, malheureusement brisée, paraît provenir de la partie antérieure d'un Platysonide, *Cheirodus* ou peut être, étant donné la régularité de son ornementation, de *Platysomus*.

Il faut ajouter à cela deux écailles de beaucoup plus grande taille (10 à 20 mm), effritées, qui, comme les épines (*ichtyodorulithes*) brisées, ne sont pas identifiables.

Ces fossiles, nous l'avons dit, ne peuvent être déterminés spécifiquement. Toutes ces formes cependant, par leur ornementation, s'apparentent manifestement à des espèces décrites dans le Carbonifère inférieur ou le Namurien d'Europe (Belgique, France, Grande-Bretagne, Pays-Bas) et d'Afrique (Égypte). Ils présentent un certain intérêt en ce que, hormis l'Égypte, aucun Poisson de cet âge n'avait jusque là été décrit au Sahara. Or ces fossiles peuvent, dans certaines conditions, rendre des services tant pour les corrélations stratigraphiques que pour l'interprétation de certains micro-débris.

b) *Phyllopoide* (R. F.). Au sondage KT 3, à 338 m, un délit schisteux dans une argilite compacte, conchoïdale, gris bleuâtre clair, contenait une belle empreinte de *Leaia* accompagnée

de petites écailles de Poisson indéterminables, et de débris végétaux (Pl. XIII a, fig. 1 et texte-fig. 2 A).

Cet individu unique est remarquablement bien conservé dans un schiste tendre gris bleuâtre, accompagné de débris végétaux indéterminables.

Il s'agit d'une valve droite de *Leaia*, d'assez grande taille. La longueur est de 6 mm. La plus grande hauteur est de 3,5 mm et se trouve au milieu de la valve. La forme générale est subquadrangulaire. Le bord antérieur est arrondi et se raccorde insensiblement par des courbes régulières à la ligne cardinale et au bord ventral. Le bord postérieur est arrondi et se raccorde de la même façon avec le bord ventral mais pas avec la ligne cardinale, l'intersection étant marquée par un petit rostre saillant.

Les trois carènes sont bien marquées et rectilignes. La carène dorsale semble distincte du bord cardinal. L'angle α (déterminé par la carène antérieure et la carène dorsale) est de 80° , l'angle β (carène postérieure et carène dorsale), est de 30° . Les stries concentriques, régulièrement espacées, sont au nombre de 12 à 15.

Tous ces caractères permettent de rapprocher cet échantillon de deux espèces déjà connues : *Leaia leidy* (LEA) et *Leaia salteriana* JONES, toutes deux dinantiennes.

Leaia leidy (LEA).

Texte-fig. 2 B.

1855. *Cypricardina leidy* LEA. *Proc. Ac. nat. Sc. Philadelphia*, vol. VII, p. 341, pl. IV.
 1862. *Leaia leidy* (LEA) in Jones (génotype) [p. 116, pl. V, fig. 11 et 12].
 1870. *L. leidy* (LEA) in Laspeyres [p. 743, pl. XVI, fig. 3].
 1914. *L. leidy* (LEA) in Pruvost [p. 261 et texte-fig. 1, p. 270].
 1946. *L. leidy* (LEA) in Raymond [p. 282].
 1956. *L. leidy* (LEA) in Novojilov [p. 52, fig. 39].

Cette espèce a été découverte dans les schistes rouges de Maunch Chunk, près de Pottsville (Mississipien de Pennsylvanie).

Les valves sont de forme subrectangulaire, à bord ventral droit, et à peu près parallèle à la charnière. Le contour a tendance à se rétrécir un peu vers l'avant. L'angle α est de 75° , l'angle β de 40° (P. Pruvost).

Leaia salteriana JONES.

Texte-fig. 2 C.

1862. *Leaia leidy* var. *salteriana* T. R. JONES [p. 119, pl. 1, fig. 21].
 1870. *L. salteriana* JONES in Laspeyres [p. 744, pl. XVI, fig. 5].

1914. *L. salteriana* JONES in Pruvost [p. 262, texte-fig. 2, p. 270, pl. II, fig. 1 à 3].
 1946. *Hemicycloleia salteriana* (JONES) in Raymond [p. 287].
 1956. *Hemicycloleia dinantiana* (JONES) in Novojilov [p. 27, pl. III, fig. V].

Il s'agit de carapaces provenant des grès calcifères d'Écosse (Dinantien).

D'après P. Pruvost [1914] qui en a fourni la première description précise : le contour est

subovale, le bord postérieur plus fuyant que l'antérieur, de sorte que la valve est un peu plus large vers l'avant que vers l'arrière.

L'angle α est voisin de 75° , l'angle β de 35° . Elle est de petite taille (L : 2,5 mm, h : 1,8 mm).

COMPARAISON DE *L. leidy* ET *L. salteriana* (d'après Pruvost).

— *L. salteriana* JONES : valves de forme sub-

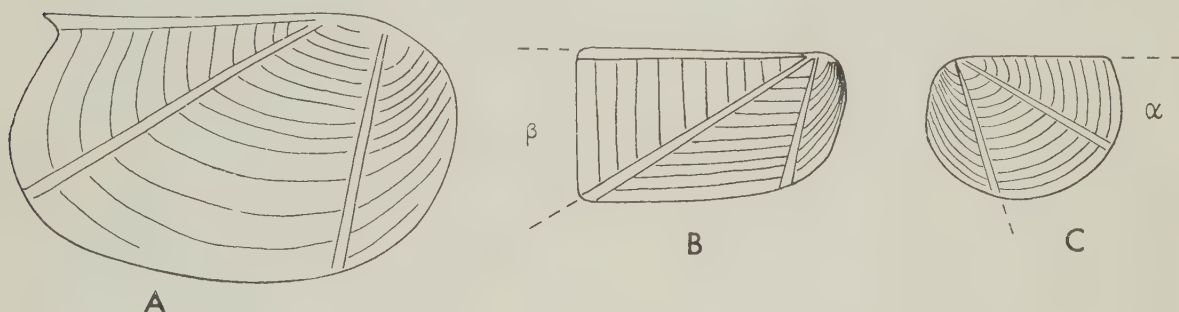


FIG. 2. — *Leaia*.

A : *Leaia* de Reggan, valve droite, $\times 10$.

B : *L. leidy* (LEA), valve droite (d'après Jones), Dinantien, $\times 7$.

C : *L. salteriana* JONES, valve gauche, néotype (d'après Pruvost [1914, p. 270], Dinantien, $\times 10$).

ovale, de petite taille (3 mm), à bord postérieur fuyant, angle $\beta = 35^\circ$.

— *L. leidy* (LEA) : valves subquadrangulaires, de grande taille, angle $\beta = 40^\circ$.

Notre échantillon se rapproche à la fois de ces deux espèces dinantiennes :

— de *L. salteriana* par son bord ventral arrondi et son bord postérieur fuyant,

— et surtout de *L. leidy* par sa forme générale subquadrangulaire et sa grande taille.

Il mériterait de donner lieu à une nouvelle espèce, ou une nouvelle variété (qui pourrait être *Leaia leidy* var. *reggani* ?). Toutefois, pour ne pas tomber dans le travers d'auteurs récents, Raymond, Kobayashi et surtout Novojilov, à qui nous reprochons d'avoir inconsidérément pulvérisé les espèces, il nous paraît préférable d'attendre la découverte d'autres individus, pour être certains que les petites différences observées ne sont pas dues au polymorphisme sexuel, ou à des variations individuelles.

SIGNIFICATION STRATIGRAPHIQUE. — La *Leaia* de Reggan est apparentée à des formes connues uniquement dans le Dinantien, en Écosse et en Pennsylvanie. Sa présence à Reggan milite donc en faveur d'un âge anté-westphalien. Mais cet argument n'a pas une valeur absolue puis-

que ces formes — à vrai dire assez rares — n'ont encore jamais été signalées en Afrique, et qu'il s'agit d'un échantillon unique.

REMARQUES ET DISCUSSION SUR LA SIGNIFICATION DE L'ANGLE α . — Comme l'a souligné P. Pruvost [1914], la position des carènes et en particulier l'angle caractéristique α fournit un caractère primordial pour les divisions spécifiques des *Leaia* :

... « chez les *Leaia* dinantiennes... l'angle α est toujours assez aigu, oscillant entre 70° et 80° ... chez les *Leaia* westphaliennes ... cet angle est très voisin de 90° , tandis qu'il s'ouvre davantage chez les espèces stéphanienues ... 100° et 110° ... Ce fait de l'ouverture de l'angle α à mesure que l'on s'élève dans les couches carbonifères se vérifie, chose intéressante, aussi bien en Amérique qu'en Europe... »

C'est surtout à cause de son angle α aigu que nous avançons un âge antéwestphalien pour la *Leaia* de Reggan. Mais depuis le travail de Pruvost, cette loi n'a-t-elle pas été mise en défaut ?

Bien entendu, on ne peut retenir les échantillons manifestement déformés *post mortem*. On a montré [Feys, 1954] à quel point peuvent être polymorphes des individus de la même espèce éparpillés et étirés sur la même plaque schisteuse du Carbonifère des Alpes briançonnaises. Mais ce n'est pas le cas de la *Leaia* de Reggan.

Même des individus non déformés peuvent être mal déterminés si ce critère de l'angle α aigu est utilisé sans discernement. G. Waterlot [1935, p. 47 et fig. 6] a montré que chez *Leaia baentschi* BEYR, du Stéphanien de Sarre et Lorraine la carène fait au départ chez les formes jeunes un angle inférieur à 90° , puis se redresse par une courbe,

et l'angle atteint, puis dépasse 90°. Le développement de la coquille peut s'arrêter à un stade tel que la courbe commencée n'ait pas eu le temps de se redresser et, dans ce cas, l'angle α est nettement inférieur à 90°, donnant à la valve une allure de *Leaia* dinantienne.

Ce ne peut être le cas de la *Leaia* de Reggan qui est évidemment adulte.

Raymond [1946] bouleverse la nomenclature des Conchostracés et crée de nombreuses espèces nouvelles, parmi lesquelles certaines ont des angles qui n'obéiraient pas à la loi de Pruvost ; il élève des doutes sur la valeur de ce critère [1946, p. 296] : « It has been shown in this study that the value of the angle must be used with caution in determining the age of the strata in which the specimens are found. Not all the species with an angle less than 90° are dinantian, nor all those with an more than 90° are stephanian or permian. »

Mais les faits avancés par Raymond sont peu convainquants, puisque ces espèces sont fondées sur des échantillons d'évidence insuffisants, comme son *Hemicycloleia acutangularis* nov. sp. du Pennsylvanien [p. 292] et son *Hemicycloleia ashleyi* nov. sp. Quant à sa *Leaia laevicostata* nov. sp., Raymond en écrit lui-même que : « All data on this species are approximate for the specimens are not well preserved and the ridges are obscure. »

De la même façon, Novojilov [1956] se montre peu difficile quant à l'état de conservation des échantillons qu'il érige en types, et en même temps les pulvérise avec beaucoup de raideur en une multitude de nouvelles espèces, allant encore beaucoup plus loin que Raymond dans cette voie.

Dans les très nombreuses figures fournies par Novojilov, on en trouve quelques-unes où les angles α infirmeraient la loi de P. Pruvost ; mais nous ne pouvons accepter sans réserves les figures de Novojilov, parce qu'il s'agit la plupart du temps de dessins largement interprétatifs, ou de *clichés retouchés* ; c'est ainsi par exemple que Novojilov a fondé son *Hemicycloleia dinantiana* nov. sp. [1956, p. 27, pl. III, fig. 7] non pas sur un échantillon, mais sur la reproduction photographique de la photographie de *Leaia salteriana* JONES, publiée par Pruvost [1914, pl. II, fig. 1]. En comparant les deux figures, on voit que celle de Novojilov est retouchée et représente la valve avec une large marge d'interprétation : pour se faire une opinion valable, il faudrait pouvoir examiner les échantillons eux-mêmes ce qui n'est guère réalisable...

Signalons enfin qu'au cours de ces dernières années, on a trouvé dans le Carbonifère d'Afrique du Nord des *Leaia*, tant westphaliennes à angle droit : *Leaia tricarinata* var. *minima* PRUVOST dans le Sud-Oranais [Deleau, 1951] que stéphaniennes à angle obtus : *Leaia* cf. *baentschi* BEYR. dans le Souss (Feys et Greber, obs. inédite), obéissant à la loi générale. La *Leaia* de Reggan est à ma connaissance la première découverte d'une forme à angle aigu en Afrique.

Sans vouloir accorder à la loi de l'ouverture de l'angle α une raideur qui ne saurait exister dans la nature, on peut dire que la *Leaia* de Reggan apporte un argument très sérieux en faveur d'un âge antéwestphalien.

II. LE « CONTINENTAL POST-TASSILIEN » *str. sensu* — Du point de vue lithologique le Continental post-tassilien est presque identique au Namurien sauf que l'on n'y connaît pas de

niveaux marins. Lorsque ces deux séries ne sont pas séparées par un conglomérat, la distinction est quasi impossible. Quelques filets charbonneux ont été traversés au sondage KLI à 816 et 819 m.

Les fossiles sont plus rares encore que dans le Namurien sous jacent, et paraissent limités à des empreintes de *Calamites*. La découverte, au sondage KT 5 ($x = 1^{\circ} 19' W$; $y = 27^{\circ} 07' N$) de *Cordaïtes* à deux niveaux distants de 3 m (495 m et 498 m) a apporté quelques indications supplémentaires (Pl. XIII a, fig. 7).

Ces *Cordaïtes* ont été soumises à M^{lle} Ch. Ledran qui a bien voulu nous indiquer ceci : « Un échantillon bien conservé provenant de 495 m montre une nervation complexe constituée par des nervures fortes, distantes de 1/3 à 1/2 mm, entre lesquelles se trouvent 3 à 5 nervures fines ou fibres [Ledran, 1958]. Or ces caractères sont donnés par Grand'Eury comme critères de *C. angulostriatus* G. E. De plus ce fragment de *Cordaïtes* montre avec de bonnes empreintes de *C. angulostriatus* provenant de Blanz y une parfaite similitude. J'ai donc tous lieux de croire qu'il appartient à cette espèce. Or, Grand'Eury ne signale cette *Cordaïtes* que dans le Stéphanien et cet avis est couramment admis. Mes recherches personnelles l'ont jusqu'à présent confirmé : cette espèce est toujours abondamment représentée au Stéphanien, en particulier au Stéphanien moyen. Par contre je ne l'ai jamais identifiée dans des étages inférieurs. »

Les échantillons de 498-499 m présentent les mêmes caractères. Ajoutons que l'absence de matière charbonneuse conservée n'a pas permis l'étude microscopique de l'épiderme.

Nous trouvons donc à Reggan, au-dessus d'un Namurien continental avec niveaux marins, une autre formation continentale qui si, de nouvelles découvertes ne l'infirmant, est d'âge stéphanien.

À la limite des deux séries, fréquemment soulignée par un conglomérat, correspondrait une lacune, accompagnée d'une légère discordance ; cette lacune représenterait une grande partie au moins du Westphalien. L'histoire de ce bassin s'apparenterait alors à celle du bassin de Tindouf où un Namurien à caractères mixtes est surmonté par un Stéphanien continental (ou un Westphalien terminal) et où l'absence du Westphalien *str. s.* semble démontrée, au moins sur le bord nord de la synclise [Fabre et Greber, 1956].

Bibliographie.

- DELEAU P. (1951). — Les bassins houillers du Sud-Oranais. *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, 1^{re} sér., n° 13, livre II.
- DEMANET F. (1941). — Faune et stratigraphie de l'étage namurien de la Belgique. *Mém. Mus. r. Hist. nat. Belgique*, n° 97.
- FABRE J. et GREBER Ch. (1956). — Le Carbonifère continental au Nord de Tindouf. *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, n° 8, p. 7-23.
- FEYS R. (1953). — Présence de *Leaia tricarinata* M. et W., associée à *Estheria simoni* PRUVOST dans le terrain houiller briançonnais. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. 73, p. 153-160.
- JONES T. R. (1862). — A monograph of the fossil *Estheriae*. *Pal. Soc. London*, vol. XIV, 134 p., 5 pl.
- JONGMANS W. J. et VAN DER HEIDE S. (1955). — Flore et faune du Carbonifère inférieur de l'Égypte. *Med. geol. Sticht.*, n. ser., n° 8.
- LASPEYRES H. (1870). — Das fossile Phyllopoden Genus *Leaia* JONES. *Zeitschr. deut. geol. Ges.*, Bd XXII, p. 733-46, pl. XVI.
- LEDUAN Ch. (1958). — Sur la nervation de quelques feuilles de Cordaïtes. *B. S. G. F.*, (6), VIII, p. 39.
- NOVOJILOV N. (1956). — Crustacés phyllopoïdes bivalves. I. Leaïidés. *Trav. Inst. pal. Ac. Sc. U. R. S. S.*, t. 61 (trad. C. E. D. P., n° 1581).
- PRUVOST P. (1914). — Découverte de *Leaia* dans le terrain houiller du Nord et du Pas-de-Calais. Observations sur le genre *Leaia* et ses différentes espèces. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. 43, p. 254-281, pl. II.
- (1919). — La faune continentale du terrain houiller du Nord de la France. *Mém. Expl. Carte géol. dét. France*.
- RAYMOND P. E. (1946). — The genera of fossil *Conchostraca*. An order of bivalved Crustacea. *Bull. Mus. comp. Zool. Harvard*, vol. 96, n° 3.
- TRAQUAIR R. H. (1877-1890). — The ganoid fishes of the British carboniferous formations. *Paleont. Soc. London*.
- VAN DER HEIDE S. (1943). — La faune ichthyologique du Carbonifère supérieur des Pays-Bas. *Med. geol. Sticht.*, ser. C-IV-3, n° 2.
- WATERLOT G. (1934). — Étude de la faune continentale du terrain houiller sarro-lorrain. *Ét. Gîtes minéraux France*.

LÉGENDE DE LA PLANCHE XIII a.

FIG. 1. — *Leaia*. × 10.

FIG. 2 à 5. — *Elonichthys* sp. L'écaïlle représentée fig. 2 pourrait être aussi rapportée au genre *Gonatodus*. × 10.

FIG. 6. — Platysomide, probablement *Cheirodus* sp. × 10.

FIG. 7. — *Cordaïtes angulostriatus*. × 9.

Le niveau marin de Wingles dans le Westphalien B du Pas-de-Calais

par Alexis BOUROS *.

Sommaire. — Une nouvelle invasion marine a pu être localisée dans le Westphalien B du Pas-de-Calais. Elle correspond vraisemblablement au niveau marin d'Eisden des bassins belgo-néerlandais. Elle présente la particularité de se trouver au milieu d'une série sédimentaire stérile, en partie gréseuse ; sans relation directe avec un dépôt de houille, son mode de gisement éclaire d'une façon particulière le problème des relations entre la subsidence et l'apport des sédiments stériles.

On sait que le Westphalien a pour limite inférieure ¹ un niveau marin caractérisé par la présence d'une *Goniatite*, *Gastrioceras subcrenatum* SCHLOTH.; immédiatement au-dessus de ce niveau, le Westphalien A débute par une série continentale dans laquelle les invasions marines sont encore nombreuses, sur une certaine épaisseur, jusqu'à un autre niveau marin dont les équivalents sont bien connus dans les divers bassins du Nord-Ouest de l'Europe : Passée de Laure en France ², Gros-Pierre ou Stenaye en Belgique, Steinknipp dans le Limbourg néerlandais et Wasserfall dans la Ruhr.

Dans le bassin du Nord et du Pas-de-Calais, au-dessus du niveau marin de la Passée de Laure, il existe deux invasions marines classiques : Poissonnière ³ entre les Westphaliens A et B et Rimbert ⁴ entre les Westphaliens B et C, dont les équivalents sont bien connus aussi dans les bassins voisins (Rimbert = Maurage (Petit-Buisson) = Aegir ; Poissonnière = Quaregnon = Katharina). Entre les niveaux de Maurage et de Quaregnon, on connaît, dans le bassin de Campine, deux invasions marines dans le Westphalien B : ce sont les niveaux d'Eisden et de Lanklaar, le premier situé très peu au-dessus (20 m environ) du milieu du Westphalien B, et le deuxième à peu de distance du niveau de Maurage (80 m en dessous) pour une épaisseur totale de Westphalien B de 550 m ; le niveau d'Eisden est présent jusque dans la Ruhr vers l'Est, mais à l'Ouest il n'est plus connu au-delà de la région de Liège ; quant au niveau de Lanklaar, il est localisé, à notre connaissance, dans le seul bassin de Campine.

Depuis quelques années, la multiplicité des

sondages creusés dans les travaux du fond du bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais a permis de recouper à trois reprises différentes un nouveau niveau marin dans le Westphalien B. Ces trois gisements sont localisés dans les travaux des sièges 7 de Lens, 7 de Béthune et 4 de Drocourt ⁵ (fig. 1). Le premier d'entre eux a été découvert depuis onze ans déjà, mais sa position en gisement relativement accidenté et le mauvais pourcentage de récupération de carottes n'avaient pas permis, à l'époque, de préciser les caractéristiques exactes du niveau ; par contre, au début de 1958 à Béthune et vers la fin de la même année à Drocourt, la composition du niveau a pu être relevée avec précision dans deux sondages, ce qui permet de faire une synthèse provisoire de la question ; l'antériorité de la découverte dans le gisement du siège 7 de Lens nous a conduit à donner à ce

* Note présentée à la séance du 2 mai 1960.

1. Voir la discussion générale in C. R. 1^{er} Congr. Av. Ét. Stratigr. Carbonifère Heerlen, 1927, p. xxxviii.

2. BOUROS A. (1949) : Sur le niveau marin de la Passée de Laure dans le Houiller du Pas-de-Calais. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. LXIX, p. 182-198.

3. BARROIS C. (1910) : Note sur la veine Poissonnière du terrain houiller d'Aniche. *Ibid.*, t. XXXIX, p. 49-63.

4. BARROIS C., BERTRAND P. et PRUVOST P. (1924-1925) : Rapport sur les tournées effectuées en 1924 dans le bassin houiller du Nord. *Bull. Serv. Carte géol. France*, t. XXIX, n° 158, p. 142-146.

5. Le niveau du siège 7 de Lens a été découvert par M. M. Buisine, géologue du groupe de Lens-Liévin ; celui de Béthune par M. F. Legrand, géologue au Service géologique central du bassin et celui de Drocourt par M. P. Dollé, géologue du groupe d'Hénin-Liétard. C'est donc l'ensemble de ces découvertes locales que nous présentons ici, le mérite de la découverte initiale revenant à M. M. Buisine, bien qu'il n'ait pas eu la possibilité d'observer les caractéristiques précises du niveau à ce moment-là.

niveau, comme il est d'usage, le nom de la commune correspondante, Wingles.

Dans le sondage du 7 de Lens, le niveau marin a été décelé dans un schiste micacé assez gros-

sier, par la présence d'un bon exemplaire de *Productus scabriculus* MARTIN ; le schiste micacé marin se situe entre deux bancs de schiste très gréseux, le banc supérieur passant à un grès

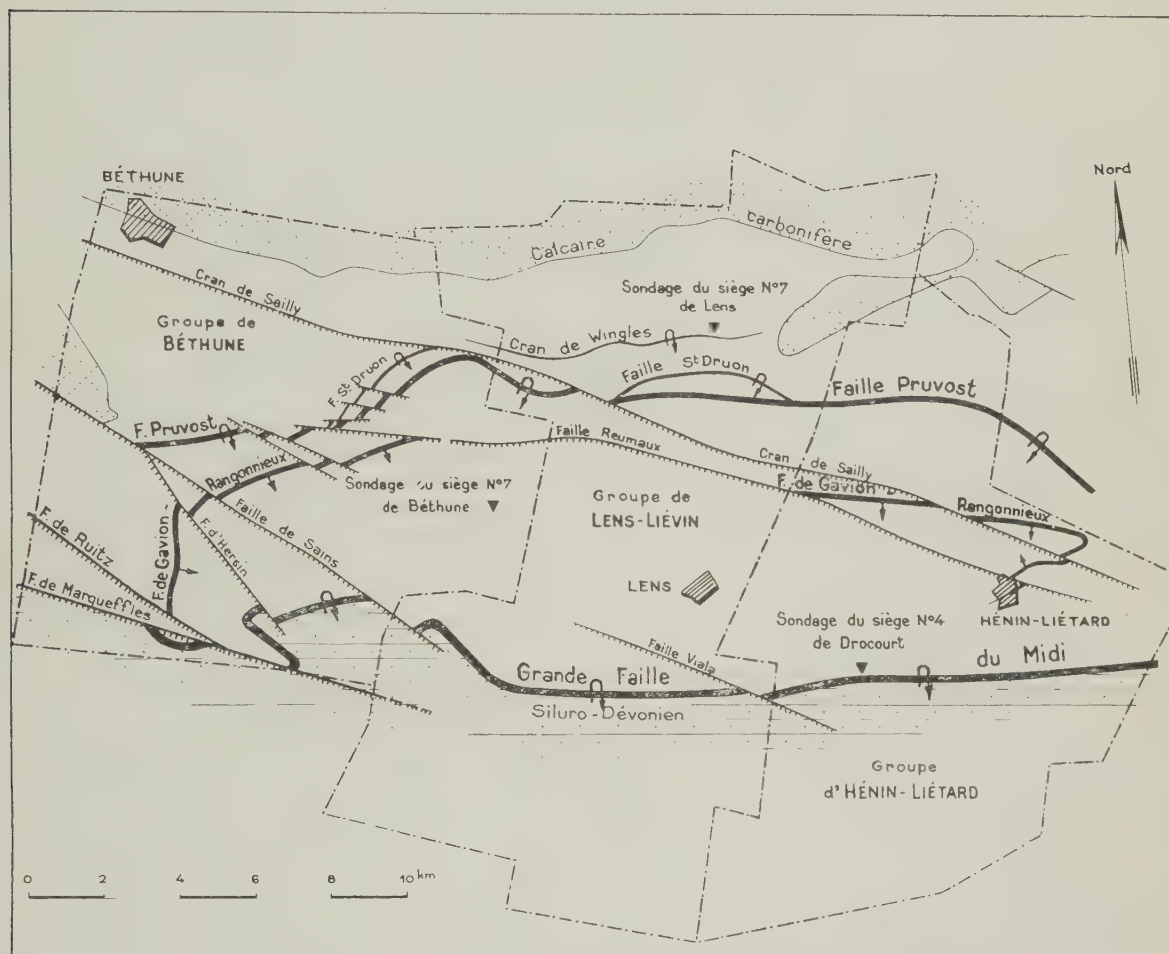


FIG. 1. — Carte du centre du bassin du Pas-de-Calais, situant les sondages où a été reconnu le niveau marin de Wingles.

franc (fig. 2) ; la série gréso-schisteuse se situe stratigraphiquement entre la veine 17 bis au-dessous et la veinule sous la veine 18 au-dessus, cette veine 18 constituant un excellent repère dans le Westphalien B de la région des charbons maigres du synclinal de Meurchin du bassin du Pas-de-Calais.

Dans le sondage du siège 7 de Vermelles où l'on a pu observer le détail des terrains (fig. 2), le niveau fossilifère marin se réduit à 30 cm de schiste fin, pyriteux où l'on a pu trouver un exemplaire de *Murchisonia* sp. pyritisé ; les

15 cm de schiste bitumineux ainsi que les schistes finement micacés qui encadrent le schiste à faune marine sont pratiquement stériles.

Dans le sondage du siège 4 de Drocourt (fig. 2), le schiste à faune marine a 70 cm d'épaisseur et contient des fragments de *Lingula mytiloides* Sow. et quelques *Planolites ophthalmoïdes* JESSEN ; de plus, dans la base du banc de grès située à 8,50 m au-dessus des schistes à faune marine, se trouvent des débris d'articles d'Encrines dont la forme et la structure reti-

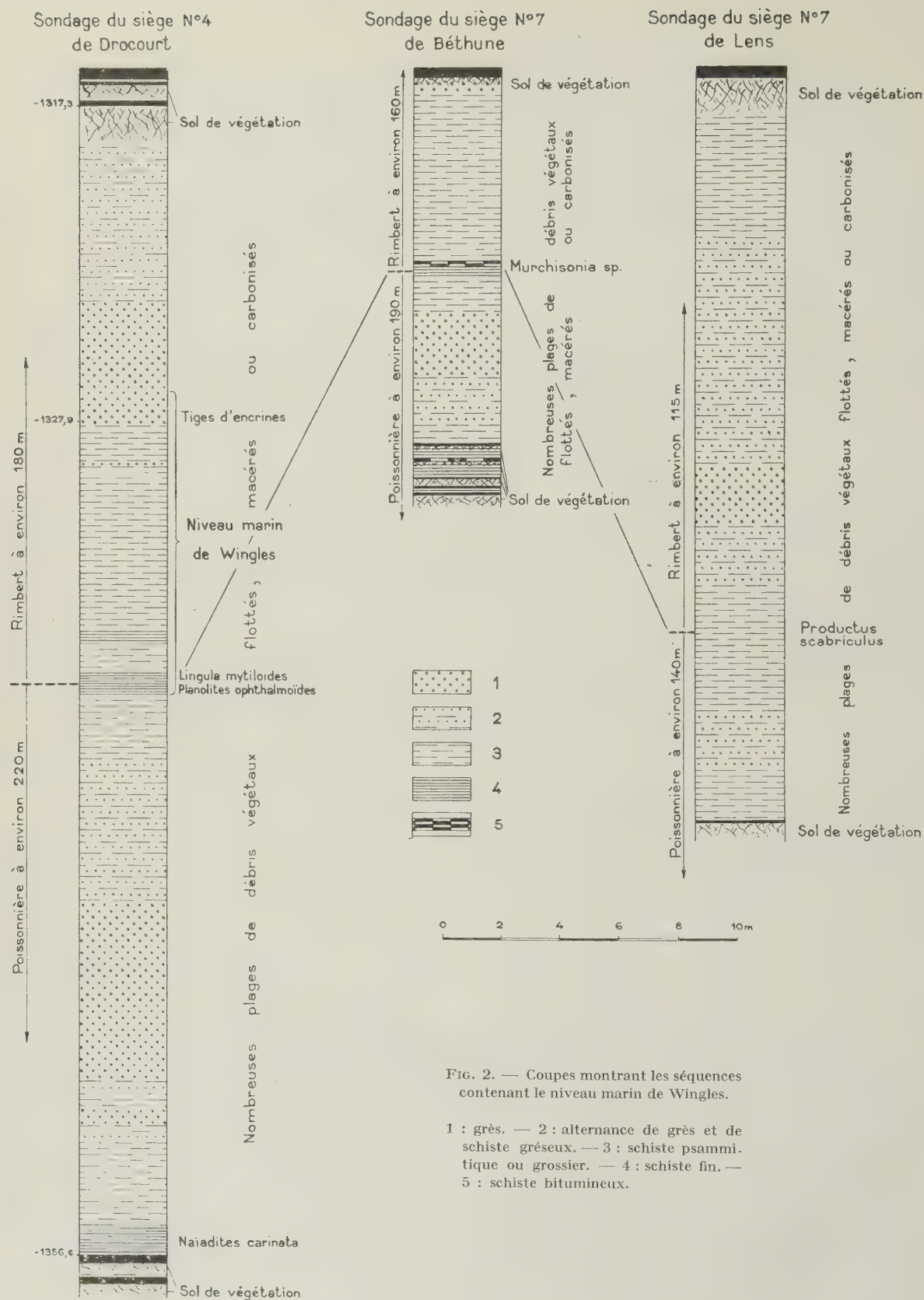


FIG. 2. — Coupes montrant les séquences contenant le niveau marin de Wingles.

1 : grès. — 2 : alternance de grès et de schiste gréseux. — 3 : schiste psammitique ou grossier. — 4 : schiste fin. — 5 : schiste bitumineux.

culée sont parfaitement reconnaissables en lame mince⁶.

On se trouve donc en présence d'un niveau marin bien caractérisé, mais qui présente la particularité, à la différence de Rimbart et de Poissonnière, de se trouver en pleine série stérile, sans relation immédiate avec un dépôt de charbon; autrement dit, ce niveau marin ne constitue pas un « toit » au sens donné par les mineurs à ce terme, mais est l'indice d'un passage progressif, dans la série stérile, d'un dépôt lagunaire à un dépôt marin puis de nouveau de ce dernier à un nouveau dépôt lagunaire, sans que les faciès lithologiques présentent de variations brusques.

RELATIONS SUBSIDENCE — APPORTS SÉDIMEN-
TAIRES. — Dans une étude récente⁷, nous avons montré qu'il ne paraît pas nécessaire d'attribuer constamment au phénomène de la subsidence, responsable des énormes accumulations de séries détritiques continentales, une allure discontinue et saccadée: le seul critère absolu concernant la hauteur d'eau dans le bassin est le sol de végétation; il est incontestablement l'indice d'une hauteur d'eau minimale compatible avec l'existence d'une vie végétale aérienne. A partir de ces repères qui représentent approximativement des niveaux successifs de remplissage complet du bassin, la subsidence a pu se produire souvent d'une façon lente avec de légères variations autour d'une vitesse moyenne, et c'est le jeu combiné de l'affaissement et de l'apport détritique pulsé, variable à chaque instant dans son volume, qui déterminait finalement la nature continentale, lagunaire ou marine d'un dépôt, à faciès lithologique extrêmement monotone⁸.

La série stérile recoupée dans le sondage du siège n° 4 de Drocourt est la plus épaisse et elle se situe dans la région centrale du bassin: c'est dans ces conditions paléogéographiques que les phénomènes sédimentaires sont les plus tranchés, c'est donc cette série que nous analyserons en détail.

Elle débute, après le dépôt de charbon de la cote — 1 356,6, par un schiste fin, foncé, passant progressivement à un schiste fin à plage micacée, le tout contenant de nombreux individus d'un Lamellibranche d'eau douce: *Naiadites carinata* Sow. et des débris végétaux; 3 m au-dessus du charbon, le schiste devient progressivement grossier pour passer à travers quelques récurrences schiste grossier-grès d'une épaisseur de 1,50 m environ à un grès franc épais de 6 m et contenant des débris végétaux grossièrement carbonisés; à son sommet, le grès passe progressivement à un schiste grossier à stratification entrecroisée par l'intermédiaire de quelques récurrences gréseuses sur 6 m d'épaisseur environ, puis viennent les

70 cm de schiste fin foncé à faune marine. Au-dessus des schistes à faune marine, on trouve 8,50 m d'alternances de schiste, de schiste micacé et de schiste grossier, l'ensemble devenant de plus en plus grossier à son sommet pour passer à un grès franc à la cote — 1 327,9. Ce grès franc a 4 m d'épaisseur et contient des articles d'Encrinure à sa base, il doit donc être considéré comme marin au moins en partie; il est surmonté de 5,50 m environ d'alternances de grès franc, de grès à stratification entrecroisée et de schiste grossier pour passer finalement à un schiste gris micacé de 1,30 m d'épaisseur, à *Stigmarella* et radicules perforantes abondants constituant le sol de végétation du dépôt de charbon surincombant, qui débute à la cote — 1 317,3. L'ensemble de la série détritique contient des débris végétaux flottés plus ou moins macérés, certains déterminables, qu'on trouve indifféremment dans tous les dépôts houillers continentaux ou marins.

On se trouve donc en présence d'un ensemble de 39 m d'épaisseur, dont la base est incontestablement une formation d'eau douce (présence de *N. carinata*) ainsi que le sommet (sol de végétation) et qui présente deux séries de faciès lithologiques identiques schiste-grès-schiste mais dont l'une est lagunaire et l'autre marine sans qu'on puisse d'ailleurs considérer l'apparition et la disparition de la faune marine comme délimitant exactement le dépôt marin, car les faciès grossiers sont peu favorables à la conservation des restes de faune.

Remarquons encore que, dans cette séquence, on se trouve en présence de deux cycles élémentaires présentant chacun une granocroissance suivie d'une granodécroissance, ce qui n'est pas le cas habituel d'un cyclothème houiller uniquement d'eau douce où la granodécroissance est de règle (sauf pour le toit immédiat des dépôts de charbon, bien entendu).

Si l'on veut appliquer à cette séquence particulière la théorie de la subsidence discontinue, on se heurte à une contradiction: le phénomène discontinu doit théoriquement se produire au sommet de la veine inférieure, avec l'appa-

6. Depuis quelques années, l'étude de la base des bancs de grès est systématiquement faite dans le bassin houiller pour tous les sondages; cette étude a permis à M. P. Dollé de mettre en évidence des caractères de corrélations d'une grande efficacité. Voir DOLLÉ P. (1959): Étude préliminaire sur les grès du bassin houiller du Nord-Pas-de-Calais. V^e Congr. intern. Sédiment., Genève et Lausanne, 1958. *Ecl. géol. Helv.*, vol. 51, n° 3, p. 917-928.

7. BOUZOZ A. (1960): La sédimentation des séries houillères dans leur contexte paléogéographique. C. R. 4^e Congr. Strat. et Géol. Carbon., Heerlen, 1958, t. I, p. 65-78.

8. Des idées extrêmement voisines ont été exprimées la même année, et sans que nous ayons eu connaissance réciproque de nos travaux, par M. A. Bersier, professeur à l'Université de Lausanne, à propos de la sédimentation de la Molasse suisse. Voir BERSIER A. (1959): Séquences détritiques et divagations fluviales. V^e Congr. intern. Sédiment., Genève et Lausanne, 1958. *Ecl. géol. Helv.*, vol. 51, n° 3, p. 854-893.

rition du toit à faune d'eau douce et à la base des schistes fins foncés, avec l'apparition de la faune marine. Mais entre le sommet du niveau marin (à la base du banc de grès) et le sommet du sol de végétation surincombant, il n'y a que 10 m d'épaisseur de sédiments ; entre la base du toit à faune d'eau douce et la base du dépôt marin, l'épaisseur des sédiments est de 19 m, ce qui est incompatible avec la présence du toit à faune d'eau douce : en effet, si 10 m suffisent pour que les dépôts passent du faciès marin au faciès continental (sol de végétation), une subsidence de 19 m aurait dû provoquer une invasion marine⁹.

Il semble qu'il est plus conforme à la réalité des faits observés dans ce cas d'admettre le processus suivant : l'accumulation de la couche de houille inférieure hypautochtone (intercalaire schisteux à radicules) s'arrête par subsidence lente, l'augmentation progressive de la hauteur d'eau finissant par noyer toute vie végétale (phase final-allochtone du dépôt de houille)¹⁰, l'arrivée de sédiment stérile fin à faune limnique se produit ensuite dans une lame d'eau déjà épaisse mais avec un enfouissement de la plateforme insuffisant pour permettre l'invasion marine (toit à *N. carinata*), la sédimentation terrigène se poursuit par l'apport de sédiments de plus en plus grossiers (grès à débris végétaux) ; mais l'influence de la subsidence devenant prépondérante et étant de moins en moins compensée par l'apport terrigène, l'enfouissement devient suffisant pour qu'il y ait invasion marine (schiste fin à *L. mytiloides*), puis la vitesse d'enfouissement diminuant, l'apport sédimentaire finit par compenser la subsidence : grès marin à la base passant à des schistes gréseux et des schistes lagunaires, se terminant eux-mêmes par un nouveau sol de végétation.

Il semble incontestable que les couches de houille importantes et d'une grande extension géographique du bassin du Nord de la France soient hypautochtones, tout au moins à leur base, et correspondent à des phases de repos relatif dans le phénomène de la subsidence : il a fallu vraisemblablement un temps bien plus considérable pour former 1 m de charbon sur place que pour déposer 1 m de sable au-dessus de lui. C'est une reprise active de la subsidence qui interrompt la formation de la houille, mais cette subsidence reste lente dans l'ensemble avec de légères variations autour de sa vitesse moyenne, et c'est le jeu contradictoire entre ces variations et les apports sédimentaires, eux-mêmes irréguliers (sédimentation rythmique des bassins de type mollassique),

qui détermine finalement les différences de faciès¹¹.

L'existence de phénomènes de subsidence très rapide n'en est pas moins réelle : le niveau marin de Rimbart en est parfois un exemple : il débute souvent par un grès contenant une véritable lumachelle de coquilles marines (à Béthune notamment) et se surimpose indifféremment à une couche de houille, un toit à débris végétaux ou un sol de végétation, réalisant au-dessus de dépôts continentaux hétérogènes une véritable surface d'abrasion marine. Le cas des veinules de houille surmontant des sols de végétation très épais est vraisemblablement un cas intermédiaire : la subsidence est restée suffisamment lente pour être compensée à chaque instant par l'apport détritique, mais pas assez pour permettre à la houille de s'accumuler, la forêt houillère pouvant tout juste lutter pendant un certain temps contre un ensablement rapide avant d'être finalement noyée.

En résumé, il est probable que le phénomène de la subsidence, dans le bassin houiller du Nord-Ouest de l'Europe, pouvait varier entre une descente instantanée et rapide de la plate-forme et un enfouissement progressif avec de petites variations de vitesse autour d'une vitesse moyenne très lente, tous les processus intermédiaires pouvant également se produire ; cependant, les nombreuses observations que nous avons pu faire nous conduisent à penser que c'est la subsidence lente qui est bien le phénomène de beaucoup le plus général.

CONCLUSIONS STRATIGRAPHIQUES. — Le niveau marin de Wingles, qui peut être considéré

9. Nous ne tenons pas compte ici des ruptures possibles de cordons littoraux qui, modifiant les zones d'écoulement des eaux douces, peuvent provoquer l'apparition d'un faciès marin sur une certaine surface, sans qu'il y ait subsidence notable. Il est très peu probable que ce genre de phénomène ait pu avoir une influence généralisée sur la nature des dépôts d'un bassin d'une étendue aussi considérable que le bassin houiller du Nord-Ouest de l'Europe.

10. Voir à ce sujet la notion de *vitesse critique de subsidence* dans A. Bouroz (1960), *op. cit.*, p. 68.

11. Nous n'avons à aucun moment fait appel à des mouvements de surrection de la plate-forme houillère : dans les *régions centrales* du bassin, l'existence éventuelle de ces mouvements est contredite par tous les faits observés ; en particulier, en dehors des wash-out locaux dus aux lits de rivières divagantes, on n'observe jamais les phénomènes d'érosion continentale généralisée que donneraient des exondations. Par contre, en *région bordière* du bassin, il nous a été donné d'observer (dans le Namurien de la concession de Vicoigne) la transformation d'un schiste fin marin à Lingules en sol de végétation, immédiatement suivi d'un dépôt de houille, ce qui semble être l'indice d'une surrection locale.

comme l'équivalent du niveau marin d'Eisden en Campine, est situé un peu au-dessus du milieu de la série du Westphalien B et peut être choisi comme limite théorique entre les Westphaliens B₁ et B₂, c'est-à-dire entre les faisceaux de Meunière et de Pouilleuse. Mais il ne faut pas se dissimuler que son identification ne sera jamais très aisée et peut-être n'a-t-il pas couvert la totalité de la surface du bassin houiller : les conditions mêmes de son dépôt le rendent très difficile à localiser ; sa faune est très peu

abondante et pour peu que sa fraction schisteuse fasse localement défaut, il faudra systématiquement étudier les bancs de grès au voisinage de sa position probable, sans jamais être sûr d'y trouver les arguments qui permettraient d'affirmer sa présence ou son absence ; d'ailleurs, le très petit nombre de points où il a pu être mis en évidence jusqu'ici, malgré de nombreuses recherches, est bien une preuve de cette difficulté.

Extension verticale des Aléthroptéridées et formes voisines dans le bassin du Nord et du Pas-de-Calais

par Michel BUISINE*.

Sommaire. — Au cours de la révision des Aléthroptéridées du bassin du Nord et du Pas-de-Calais faite ces dernières années, il a été examiné plusieurs centaines d'échantillons de cette famille, soit fraîchement récoltés, soit conservés dans les collections et tous bien repérés. Sur la base de ce matériel, il a été possible de préciser l'extension verticale des différentes espèces d'*Alethopteris*, de *Lonchopteris* et de *Pecopteridium* connues dans le Nord de la France et de distinguer parmi celles-ci un certain nombre de plantes caractéristiques.

I. HISTORIQUE. — Boulay [1876] et Zeiller [1888] furent les premiers à faire une étude détaillée de la flore du bassin houiller du Nord de la France et à tenter d'y utiliser les Végétaux fossiles à des fins stratigraphiques. Parmi les nombreuses espèces décrites, on en retrouve plusieurs appartenant aux genres *Alethopteris* et *Lonchopteris*.

Au début de ce siècle, P. Bertrand et A. Carpentier s'efforcèrent, en s'appuyant sur la paléobotanique, de clarifier les connaissances encore sommaires sur la stratigraphie et la tectonique du bassin du Nord.

En 1914, P. Bertrand fait la synthèse de ses nombreuses observations. Dans le tableau 1 [p. 242], il met en parallèle, d'une part les faisceaux reconnus et définis à Aniche pour le Houiller inférieur et à Lens pour le Houiller supérieur, et d'autre part les zones végétales à notations littérales, c'est-à-dire, à partir de la base, les zones A 1, A 2, B 1, B 2, B 3, C 1, C 2 qui ne correspondent aucunement aux subdivisions adoptées de nos jours : Westphalien A 1, Westphalien A 2, etc. Parmi ces zones végétales, on voit que la moitié supérieure de la zone A 2 est caractérisée par *Al. lonchitica*, tandis que les zones B 1 et B 2 reçoivent le nom de zones à *Al. davreuxi* et *L. bricei* (= *rugosa*). Ainsi, selon P. Bertrand, les Aléthroptéridées jouent donc un grand rôle parmi les espèces guides du terrain houiller du Nord de la France.

Beaucoup plus tard, M. P. Corsin [1932] et M. A. Bouroz [1940] ont donné des tableaux montrant l'extension verticale des principales espèces végétales rencontrées dans le bassin du

Nord et du Pas-de-Calais et parmi celles-ci on trouve : *Alethopteris serli*, *Al. lonchitica*, *Al. valida*, *Al. davreuxi*, *Lonchopteris rugosa*.

II. GÉNÉRALITÉS SUR LES ALÉTHROPTÉRIDÉES. — Les Aléthroptéridées sont des plantes arborescentes à subarborescentes, à frondes très développées, tri- ou quadripinnées, dont les rachis primaires donnent naissance aux rachis secondaires en se divisant par dichotomies inégales. Les pinnules sont attachées par toute leur largeur au rachis support et plus ou moins soudées entre elles à la base. La nervation des pinnules est constituée par une nervure principale médiane et par des nervures secondaires, les unes partant de la nervure médiane, les autres étant issues directement du rachis.

Toutes les plantes de la famille des Aléthroptéridées font partie de l'ordre des Ptéridospermales (embranchement des Préphanérogames) et on sait que leurs ovules appartiennent aux genres *Trigonocarpus*, *Pachytesta* ou à des genres très voisins, tandis que les synanges sont du type *Whittleseya*.

P. Bertrand [1932] a réuni dans la famille des Aléthroptéridées, les genres *Alethopteris* STERNBERG, *Lonchopteris* BRONGNIART, *Pecopteridium* P. BERTRAND (auquel est rattaché *Palaeoweichselia* POTONIÉ et GOTHAN) et *Callipteridium* WEISS. Pour Gothan et Weyland [1954], les genres *Callipteridium* et *Callipteris* forment à eux deux la famille des Callipterides qui vient se placer à côté de celle des Alethopte-

* Note présentée à la séance du 2 mai 1960.

rides. Actuellement, M. P. Corsin distingue les Aléthoptéridacées (genres *Alethopteris* et *Lonchopteris*) des Calliptéridacées (genres *Calopteridium*, *Pecopteridium*, *Palaeoweichselia*). Ces deux familles paraissent néanmoins très voisines l'une de l'autre et diffèrent essentiellement en ce que les rachis de différents ordres sont nus dans la première alors que dans la seconde ils portent des pennes ou pinnules intercalaires entre les pennes normales.

La famille des Calliptéridacées CORSIN n'est représentée dans le bassin du Nord et du Pas-de-Calais que par le genre *Pecopteridium* qui y est d'ailleurs très rare. Je l'ai donc joint, pour cette étude, aux deux genres de la famille des Aléthoptéridacées CORSIN : *Alethopteris* et *Lonchopteris*¹.

III. RÉPARTITION DES DIFFÉRENTS GENRES.

— a) Genre *Alethopteris* STERNBERG. Il est abondant dans toute l'épaisseur de la formation houillère du Nord de la France et il fait partie des genres les plus largement représentés. J'ai dénombré onze espèces dont trois nouvelles² :

Al. lonchitica (SCHLOTH.) ZEILLER, *Al. decurrens* ARTIS, *Al. davreuxi* BRONGN., *Al. grandini* BRONGN., *Al. serli* BRONGN., *Al. valida* BOULAY, *Al. pontica* ZEILLER, *Al. bertrandi* BOUROZ, *Al. corsini* nov. sp., *Al. michauxi* nov. sp., *Al. hermeteti* nov. sp.

b) Genre *Lonchopteris* BRONGNIART. Ce genre est très voisin du précédent dont il ne diffère que par sa nervation réticulée. Il est largement représenté dans les assises de Flines, Vicoigne et Anzin, c'est-à-dire au-dessous du niveau marin de Rimbert. Par contre, il devient très rare dans l'assise de Bruay. J'ai reconnu à ce jour cinq espèces différentes dont deux nouvelles² : *L. rugosa* BRONGNIART, *L. eschweiliana* ANDRÄ, *L. legrandi* BOUROZ, *L. monomakhoffi* nov. sp. et *L. petiti* nov. sp.

c) Genre *Pecopteridium* P. BERTRAND. Ce genre est caractérisé par des pinnules étroites, falciformes, ainsi que par la présence sur les rachis primaires de petites pennes intercalaires anormales. Bien représenté en Sarre et en Lorraine, le genre *Pecopteridium* est très rare dans le Nord de la France où il n'a été rencontré que dans la moitié supérieure de l'assise de Bruay et notamment dans le faisceau d'Ernestine. Je n'ai récolté que quelques échantillons qui m'ont permis néanmoins de distinguer deux espèces nouvelles² : *P. lerati* nov. sp. et *P. vermeleni* nov. sp.

IV. EXTENSION VERTICALE DES DIFFÉRENTES ESPÈCES. — Pour définir l'extension verticale

des 18 espèces citées ci-dessus, j'ai eu la chance d'avoir à ma disposition un important matériel constitué par plus de cinq cents échantillons bien repérés et conservés dans les collections du Musée houiller de Lille et des Houillères du bassin du Nord et du Pas-de-Calais³.

Évidemment, le nombre de spécimens observés est très variable suivant les espèces et il me paraît utile de le faire connaître pour chacune d'elles, non dans un but de statistique mais pour montrer les données sur lesquelles sont basées les conclusions : *Al. lonchitica* : 50 ; *Al. decurrens* : 60 ; *Al. davreuxi* : 55 ; *Al. grandini* : 39 ; *Al. serli* : 115 ; *Al. valida* : 32 ; *Al. pontica* : 5 ; *Al. bertrandi* : 12 ; *Al. corsini* : 32 ; *Al. michauxi* : 6 ; *Al. hermeteti* : 2 ; *L. rugosa* : 75 ; *L. eschweiliana* : 35 ; *L. legrandi* : 7 ; *L. monomakhoffi* : 2 ; *L. petiti* : 5 ; *Pec. lerati* : 7 ; *Pec. vermeleni* : 8.

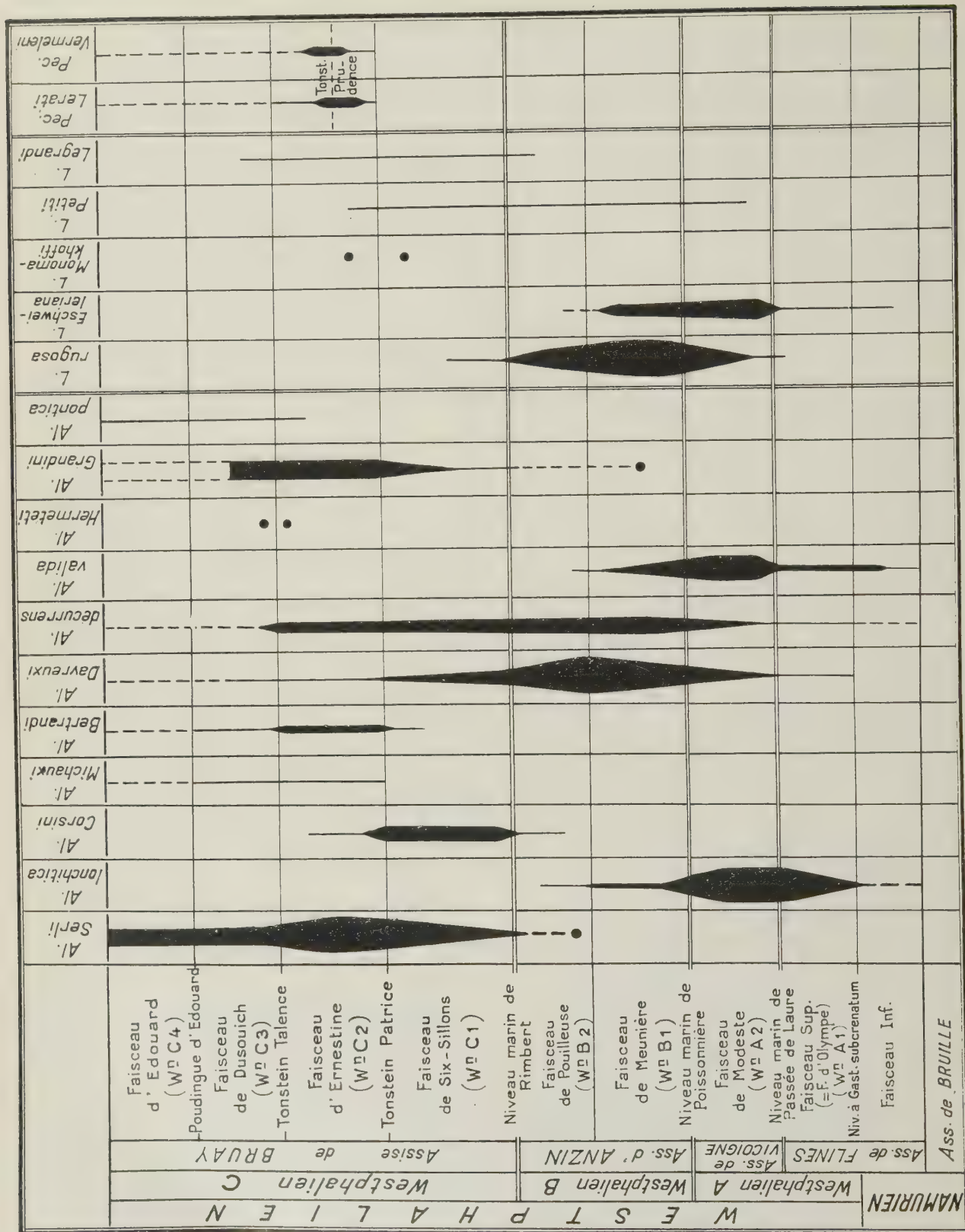
J'ai schématisé dans le tableau 1 l'extension verticale des différentes espèces citées ci-dessus. A gauche est représentée la série stratigraphique moyenne du terrain houiller du Nord de la France. Pour les subdivisions en assises et faisceaux, j'ai adopté les limites employées par le Service géologique central dans l'établissement des coupes horizontales. En ce qui concerne plus spécialement les assises de Flines et de Vicoigne, la limite se trouve ainsi fixée au niveau marin de la Passée de Laure. Ceci conduit à faire glisser le faisceau d'Olympe dans l'assise de Flines et à placer cette dernière à cheval sur le Namurien et le Westphalien A.

Chacune des colonnes situées à droite de l'échelle stratigraphique correspond à une espèce et la largeur du trait marquant l'extension verticale est proportionnelle à l'abondance de la plante aux différents horizons. Ainsi apparaissent immédiatement les zones d'apogée. Les traits interrompus indiquent une existence possible de la plante considérée, bien que sa présence à ce niveau n'ait pas encore été prouvée dans le Nord de la France. Enfin, par des points,

1. Dans un mémoire en instance d'impression, j'ai d'ailleurs décrit les genres *Pecopteridium* et *Palaeoweichselia* en les plaçant au sein de la famille des Aléthoptéridées, adoptant pour celle-ci les limites larges définies par P. Bertrand en 1932.

2. Ces espèces nouvelles sont décrites et figurées dans un mémoire en instance d'impression.

3. Je tiens à remercier ici M. Bouroz, Ingénieur en chef du Service géologique central des H. B. N. P. C., ainsi que MM. les Ingénieurs des Services géologiques des différents groupes qui m'ont facilité l'accès de leurs collections et m'ont fait parvenir un certain nombre d'échantillons intéressants. Je dois également exprimer ma gratitude envers M. le professeur Corsin qui m'a fait bénéficier de sa grande expérience pour un certain nombre de déterminations délicates.



TABL. 1 — Extension verticale des Aléthroptéridées dans le bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais.

sont signalés les horizons où ont été récoltés des échantillons d'espèces très rares ou bien ceux où une plante a été rencontrée à un niveau très différent de ceux où elle se cantonne habituellement.

Dans les listes que j'ai données ci-dessus, les espèces sont classées dans l'ordre chronologique de leur création. Il n'en est pas de même dans le tableau 1 où elles sont plutôt groupées par affinités.

Un examen rapide de ce tableau permet de distinguer facilement les espèces à extension verticale limitée de celles qui sont banales et se rencontrent dans presque toute l'épaisseur du terrain houiller. A la première catégorie appartiennent : *Al. serli*, *Al. lonchitica*, *Al. corsini*, *Al. bertrandi*, *Al. valida*, *Al. grandini*, *L. rugosa*, *L. eschweiliana*, et probablement aussi : *Al. michauxi*, *Al. pontica*, *L. legrandi*, *P. lerati* et *P. vermeleni*, espèces moins bien connues. Parmi les plantes banales, on doit ranger *Al. davreuxi*, *Al. decurrens* et *L. petiti*. Enfin, deux espèces : *Al. hermeteti* et *L. monomakhoffi* sont trop peu connues encore pour qu'on puisse les faire entrer dans l'un ou l'autre groupe.

a) *Espèces caractéristiques*. Parmi celles-ci, il est intéressant d'examiner le cas d'*Al. serli* et *Al. lonchitica* qui furent souvent confondus ou considérés comme étant deux variétés d'une même plante. En me basant sur l'important matériel mis à ma disposition, je me suis d'abord efforcé de définir leurs caractères distinctifs afin d'éviter les erreurs dans les déterminations. Lorsque celles-ci furent faites, j'ai constaté que sur 115 échantillons d'*Al. serli*, un seul ne provenait pas de l'assise de Bruay, mais du faisceau de Pouilleuse (fosse 10 de l'Escarpelle — Rec. S-O à 300 — Veine à 411 m), tandis que parmi les 50 fragments d'*Al. lonchitica* reconnus, aucun n'avait été récolté au-dessus du niveau marin de Rimbart. La localisation remarquable de ces deux espèces peut être d'un grand intérêt à condition de disposer, pour les déterminations, de débris suffisamment grands et bien conservés.

Moins abondant que les espèces précédentes, *Al. corsini*, cantonné surtout dans le faisceau de Six-Sillons ainsi que dans les faisceaux limitrophes, est assez caractéristique.

Al. michauxi et *Al. bertrandi*, assez rares, n'ont été récoltés jusqu'à présent que dans l'assise de Bruay.

Quant à la belle espèce *Al. valida*, elle est une des premières à apparaître dès le Namurien et elle caractérise par son abondance, en association avec *Al. lonchitica*, le faisceau de Modeste.

Apparu dans le faisceau de Meunière, très rare dans les faisceaux de Pouilleuse et de Six-Sillons, *Al. grandini* BRONGNIART (différent de *Al. grandini* RENAULT-ZEILLER du Stéphanien) devient assez abondant dans les faisceaux d'Ernestine, Dusouich et probablement Édouard.

Al. pontica est très rare. Je dois signaler cependant que les cinq gisements où il fut recueilli appartiennent tous à la moitié supérieure de l'assise de Bruay.

Parmi les *Lonchopteris*, *L. rugosa* est de loin l'espèce la mieux représentée dans le Nord de la France et il atteint parfois, dans l'assise d'Anzin, une très grande abondance. Cette espèce se rencontre depuis les environs du niveau marin de la Passée de Laure jusque dans la partie moyenne du faisceau de Six-Sillons. Signalons néanmoins qu'on ne l'a recueillie que très rarement au-dessus du niveau marin de Rimbart.

Moins répandu que *L. rugosa*, *L. eschweiliana* possède une moins grande extension verticale, allant de la base de l'assise de Flines jusqu'au sommet du faisceau de Meunière.

Quant à *L. legrandi*, il est beaucoup plus rare que les deux espèces précédentes et, si pour cela on ne peut en faire une plante caractéristique, on notera avec intérêt qu'il n'a été rencontré jusqu'à présent que dans l'assise de Bruay et dans les couches les plus élevées de l'assise d'Anzin.

Enfin, si les différentes espèces de *Pecopteridium* sont également peu courantes, elles présentent un certain intérêt au point de vue stratigraphique, du fait que tous les échantillons du Nord de la France qui ont été attribués à ce genre proviennent du faisceau d'Ernestine et, pour la plupart, des environs du tonstein Prudence. Étant donné que le genre *Pecopteridium* est bien représenté dans le Westphalien D de Lorraine, il faut s'attendre à le rencontrer également dans la partie supérieure du Westphalien C du Nord de la France (faisceaux de Dusouich et d'Édouard).

b) *Espèces banales*. Elles sont au nombre de trois, dont deux abondantes : *Al. davreuxi* et *Al. decurrens* et une beaucoup plus rare : *L. petiti*, et elles se rencontrent depuis le Namurien jusqu'au Westphalien C. Toutefois, il faut noter qu'*Al. davreuxi* est particulièrement fréquent dans l'assise d'Anzin, ce qui incita P. Bertrand [1914] à donner aux zones B 1 et B 2 le nom de zone à *Al. davreuxi* et *L. bricei* (= *rugosa*).

c) *Espèces très rares*. Deux espèces, *Al. hermeteti* et *L. monomakhoffi*, n'ont été trouvées

que deux fois chacune et toutes deux dans l'assise de Bruay. Mais elles paraissent trop rares pour pouvoir jouer un rôle intéressant parmi les plantes caractéristiques. Il faut cependant noter qu'*Al. hermeteti* a été récolté en deux points très voisins de la limite entre les faisceaux d'Ernestine et de Dusouich.

V. RÉPARTITION DES ALÉTHOPTÉRIDIÉES DANS LES DIFFÉRENTS FAISCEAUX. — 1. *Assise de Bruille* : la flore est très rare dans cette formation essentiellement marine. Je n'ai pas eu l'occasion d'observer aucun débris d'Aléthoptéridée provenant de cette zone.

2. *Assise de Flines*. — *Faisceau inférieur* : celui-ci renferme de nombreux horizons marins et sa flore est encore très pauvre. Cependant, quelques échantillons d'Aléthoptéridées y ont été récoltés : *Al. valida* et *L. eschweileriana*.

— *Faisceau supérieur* (ou d'Olympe) : ce faisceau renferme plusieurs veines exploitables au toit desquelles furent recueillis des débris végétaux. Parmi ceux-ci, *Al. valida* est assez bien représenté et l'on rencontre également *Al. lonchitica*, *Al. davreuxi*, *Al. decurrens* et *L. eschweileriana*.

3. *Assise de Vicoigne*. — *Faisceau de Modeste* : les plantes de la famille des Aléthoptéridées sont largement représentées dans ce faisceau. *Al. lonchitica*, *Al. valida* et *L. eschweileriana* atteignent leur apogée dans sa partie moyenne. Quant à *Al. davreuxi*, *Al. decurrens* et *L. rugosa*, rares ou absents dans les faisceaux inférieurs, ils deviennent assez abondants au sommet de l'assise de Vicoigne.

4. *Assise d'Anzin*. — *Faisceau de Meunière* : il est caractérisé par la grande abondance de *L. rugosa*, et, à un degré moindre, d'*Al. davreuxi*. On rencontre également *Al. lonchitica* qui devient rare, *Al. valida*, *Al. decurrens* et *L. eschweileriana*. *L. petiti* y a été récolté une fois, de même qu'*Al. grandini* qui est donc apparu plus tôt qu'on ne le supposait jusqu'à présent.

— *Faisceau de Pouilleuse* : il présente des caractères floristiques intéressants, tout au moins en ce qui concerne les Aléthoptéridées. Si *Al. davreuxi* et *L. rugosa* demeurent, dans l'ordre, les espèces dominantes, si *Al. decurrens* est assez abondant, on voit s'éteindre dans ce faisceau plusieurs espèces : *Al. lonchitica*, *Al. valida*, *L. eschweileriana*, tandis qu'en apparaissent d'autres qui prendront un grand développement dans l'assise de Bruay, telles *Al. serli* et *Al. corsini* ; *Al. grandini* est toujours très rare, ainsi que *L. petiti* et *L. legrandi*.

5. *Assise de Bruay*. — *Faisceau de Six-Sillons* :

rare à la base, *Al. serli* devient de plus en plus fréquent au fur et à mesure que l'on approche du sommet du faisceau de Six-Sillons. C'est dans celui-ci qu'*Al. corsini* atteint sa plus grande abondance. On rencontre encore assez souvent *Al. davreuxi* et *Al. decurrens*. Par contre, *Al. grandini* est encore rare, tandis que *Al. bertrandi*, *L. monomakhoffi*, *L. petiti* et *L. legrandi* n'ont été trouvés qu'exceptionnellement. Enfin notons que la présence de *L. rugosa* dans la moitié inférieure du faisceau de Six-Sillons a été reconnue en quelques endroits.

— *Faisceau d'Ernestine* : la flore de ce faisceau est caractérisée en partie par l'« explosion » de *Al. serli* qui se rencontre dans la majorité des toits à plantes dont il constitue fréquemment l'espèce dominante. *Al. grandini* est également bien représenté. C'est dans le faisceau d'Ernestine qu'on voit apparaître le genre *Pecopteridium* avec au moins deux espèces : *P. lerati* et *P. vermeleni*, qui paraissent se localiser en quelques niveaux privilégiés (notamment aux environs du tonstein Prudence). Enfin, on rencontre encore dans ce faisceau : *Al. corsini*, *Al. bertrandi*, *Al. davreuxi* et beaucoup plus rarement *Al. michauxi*, *Al. hermeteti*, *Al. pontica*, *L. monomakhoffi* et *L. legrandi*.

— *Faisceau de Dusouich* : *Al. serli* y est toujours très largement représenté. Il en est de même, mais à un degré moindre, pour *Al. grandini*. On trouve également quoique moins souvent : *Al. michauxi*, *Al. bertrandi*, *Al. davreuxi*, *Al. pontica* et *L. legrandi*. Quant au genre *Pecopteridium*, il est probablement représenté dans ce faisceau, bien qu'il n'y ait pas encore été rencontré jusqu'à présent.

— *Faisceau d'Edouard* : ce faisceau est épuisé et il ne s'y développe plus de travaux nouveaux depuis un certain temps. Sa flore n'est donc connue que par les échantillons conservés dans les collections depuis longtemps et parfois en mauvais état ou mal repérés. On sait toutefois qu'*Al. serli* est toujours abondant dans ce faisceau et qu'on y a récolté également *Al. pontica*. A mon avis, il faut considérer comme très probable la présence d'*Al. grandini* et des *Pecopteridium*, étant donné que ces plantes se rencontrent encore dans le Westphalien D de la Sarre et de la Lorraine.

CONCLUSION. — Les Aléthoptéridées sont donc largement représentées dans le bassin du Nord et du Pas-de-Calais et un certain nombre d'espèces jouent un rôle important dans les flores caractéristiques des différents faisceaux. Parmi celles-ci, citons surtout : *Al. serli*, *Al.*

lonchitica, *Al. corsini*, *Al. valida*, *Al. grandini*, *L. rugosa* et *L. eschweileriana*.

On constate, en résumé, que sur la base de l'extension verticale des Aléthoptéridées, on pourrait diviser la série houillère du Nord de

la France en deux grandes zones, dont la limite se situerait un peu au-dessous du niveau marin de Rimbert, comme le montre schématiquement le tableau 2.

Assise de Bruay	F. d'Édouard	Zone à <i>Al. serli</i> , <i>Al. grandini</i> , <i>Al. corsini</i> (Genre <i>Lonchopteris</i> rare)	} <i>Al. serli</i> très abondant <i>Al. grandini</i> abondant Genre <i>Pecopteridium</i>
	F. de Dusouich		
	F. d'Ernestine		
	F. de Six-Sillons		
Assise d'Anzin	F. de Pouilleuse	Niveau marin de Rimbert	} <i>Al. corsini</i> assez abondant <i>Al. serli</i> et <i>L. rugosa</i> rares
	F. de Meunière		
Assise de Vicoigne	F. de Modeste	Zone à <i>Al. lonchitica</i> , <i>Al. valida</i> , <i>L. eschweileriana</i> (Genre <i>Lonchopteris</i> bien représenté)	} <i>L. rugosa</i> et <i>Al. davreuxi</i> abondants
Assise de Flines	F. d'Olympe		
	F. inférieur		

TABLEAU 2.

Bibliographie.

- BERTRAND P. (1914). — Les zones végétales du terrain houiller du Nord de la France. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. XLIII, p. 208-254.
- (1932). — Bassin houiller de la Sarre et de la Lorraine. I. Flore fossile, 2^e fasc., Aléthoptéridées. *Ét. Gîtes minéraux France*.
- BOULAY N. (1876). — Terrain houiller du Nord de la France. Lille, Lefebvre-Ducrocq.
- BOUROZ A. (1940). — Faciès et massifs de végétation dans la formation houillère du Nord de la France. Thèse. Lille, Douriez-Bataille éd.
- CARPENTIER A. (1913). — Contribution à l'étude du Carbonifère du Nord de la France. *Mém. Soc. géol. Nord*, t. VII, 2^e partie.
- CORSIN P. (1932). — Guide paléontologique dans le terrain houiller du Nord de la France. *Trav. et Mém. Univ. Lille*, fasc. n° 5.
- GOTHAN W. et WEYLAND H. (1954). — Lehrbuch der Paläobotanik.
- ZEILLER R. (1886-1888). — Flore fossile du bassin houiller de Valenciennes. *Ét. Gîtes minéraux France*.

Les spores de l'assise de Bruay dans l'Ouest du bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais

par Josiane CARETTE, Jacqueline CAYEUX, Jacques DANZÉ, Jean-Pierre LAVEINE,
Annie LE MERRER et Serge VIGREUX *.

Sommaire. — L'étude de méga- et microspores provenant des veines sises à l'Ouest du bassin du Nord-Pas-de-Calais a permis d'établir des corrélations précises (de veine à veine) sur des distances de plus de 10 km, ce qui confirme l'intérêt des études palynologiques pour la stratigraphie houillère.

L'étude palynologique systématique du bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais a été entreprise très récemment. Étant donnée l'importance de ce bassin, c'est-à-dire son étendue : 100 km d'Ouest en Est sur en moyenne 15 km du Nord au Sud, et le nombre de veines qu'il renferme depuis le Namurien jusqu'au sommet du Westphalien C, le travail que nous présentons ici ne correspond qu'à une faible partie de l'inventaire palynologique total. Nous avons orienté nos premières recherches vers la partie ouest du bassin. Les prélèvements ont été effectués en descendant la série stratigraphique. C'est pourquoi notre sujet concerne l'assise de Bruay dans le secteur compris entre les failles de Ruitz et de Marqueffles.

Nous avons étudié simultanément les méga- et les microspores provenant de toutes les veines et passées de puissance supérieure à 40 cm ; les résultats des différentes analyses ont été traduits en graphiques de pourcentage, en vue de leur interprétation stratigraphique.

I. ORGANISATION DU TRAVAIL. — A) *Echantillonnage.* Les prélèvements ont été faits de façon à former, pour chaque veine, un quadrillage à mailles les plus étroites possible. Quand une fosse exploite une veine en différents points, on prélève autant d'échantillons qu'il y a de chantiers ou de recoupements par des bowettes ou voies de fond, etc. Cela nous a amenés à obtenir une largeur de maille de l'ordre de 2 km entre les prélèvements correspondants à un même niveau. Ce résultat nous semblait indispensable afin d'acquérir une notion précise des

variations latérales de la composition microfloristique de chaque veine.

Les prélèvements ont été effectués dans 7 des fosses qui se trouvent dans l'unité tectonique étudiée. Géographiquement, cette zone est répartie entre les groupes d'Auchel, Bruay et Béthune (Nœux). Nos échantillons proviennent des fosses 2, 5 et 6 d'Auchel, 3, 4 et 6 de Bruay et 7 de Béthune (Nœux). Leur ensemble représente 73 veines irrégulièrement réparties : par exemple, la fosse 7 de Béthune n'a fourni que 11 veines et passées alors que, à la fosse 6 de Bruay, il a été possible de réaliser 24 prélèvements. La plus grande hauteur de terrain étudiée est située dans le groupe de Bruay où la succession des veines correspond à 600 m de stampe. Dans le groupe d'Auchel, la verticale est de 300 m tandis qu'à Nœux, la hauteur moyenne est de 250 m seulement.

L'échantillonnage a été uniformément réalisé selon la méthode du pilier : isolement d'un pilier de base carrée de 20 cm de côté, allant du mur au toit de la veine.

B) *Techniques.* Pour la préparation des échantillons destinés à l'analyse, nous avons adopté le procédé dit « de l'échantillon moyen », qui s'est avéré donner d'aussi bons résultats avec les mégaspores qu'avec les microspores. Cette technique nous a permis d'arriver à des conclusions pratiques beaucoup plus rapidement que si nous avions utilisé celle des « prélèvements successifs ». Néanmoins, dans les cas où l'échantillon moyen n'était pas productif, nous avons

* Note présentée à la séance du 2 mai 1960.

recommencé l'échantillonnage selon le second procédé.

Comme nous l'avons déjà dit plus haut, nous avons étudié simultanément les méga- et microspores. Pour cela, les analyses ont été dissociées :

a) pour les mégaspores, nous avons utilisé la méthode bromonitrique : imprégnation du charbon par du brome pur en vase clos, suivie d'une attaque nitrique.

b) pour les microspores, c'est la méthode de Schulze (ou chloronitrique) qui a été choisie : un mélange de charbon et de chlorate de potasse est additionné d'acide nitrique concentré.

Au sujet des durées d'attaque, tant bromonitriques que chloronitriques, il convient de faire une remarque : les charbons provenant du bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais sont, à teneur en matières volatiles égale, beaucoup plus facilement attaquables que ceux provenant des autres bassins. Par exemple, dans la méthode bromonitrique, pour un charbon du Limbourg néerlandais titrant 30 % de matières volatiles, la durée d'attaque est de 3 h au minimum ; par contre, un charbon de Bruay contenant la même proportion de matières volatiles sera suffisamment attaqué après une période de l'ordre de 1/2 heure.

Des constatations analogues ont été faites au sujet de la méthode chloro-nitrique pour laquelle les temps d'attaque optimal, avec des charbons à 30 % de matières volatiles, varient entre 5 et 8 heures.

Il semble difficile d'expliquer cette particularité mais on pourrait cependant supposer que la forte tectonisation du bassin du Nord a rendu le charbon plus sensible aux agents oxydants.

c) *Interprétation des résultats.* Les résultats obtenus à la suite de chaque analyse ont été traduits en graphiques de pourcentages pour chacune des espèces figurant dans l'échantillon étudié. Ces graphiques peuvent être interprétés de deux façons différentes :

a) on rassemble les graphiques concernant les prélèvements constituant une même « verticale », on a alors la variation stratigraphique du pourcentage de chaque espèce dans les différents niveaux observés et on obtient les « fuseaux ».

b) On recherche les ressemblances existant entre un graphique et ceux provenant, latéralement, de niveaux supposés stratigraphiquement proches. C'est alors la corrélation palynologique. Cette méthode trouve une confirmation dans l'étude des « fuseaux » qui permettent de localiser les zones d'extension et de

régression des différentes espèces et ne s'occupent pas uniquement de leur valeur absolue.

Les graphiques que nous avons établis sont basés :

— pour les mégaspores, sur 17 espèces appartenant à 10 genres différents et correspondant à la totalité des spores recueillies au cours des différentes analyses relatives à un même échantillon moyen ;

— pour les microspores, sur 27 genres différents, représentant les types qui, chez les échantillons étudiés, ont montré une fréquence supérieure ou égale à 5 % (la totalité des genres recueillis s'élève en réalité à 42).

Pour des raisons de commodité de publication, et désirant éviter la multiplication des tableaux, nous n'avons pas établi un graphique de « fuseaux » pour chacune des fosses étudiées mais simplement un graphique récapitulatif pour chaque groupe. Lorsqu'une espèce n'a pas été recueillie dans une certaine zone, le fuseau plein est remplacé par des pointillés dont l'allure est totalement hypothétique ; en effet, ces figurés matérialisent simplement les raccords entre deux secteurs de présence de l'espèce considérée et leur forme ne peut donc donner lieu à aucune interprétation. Enfin, les horizons qui, pour des raisons variables, n'ont pu être étudiés, sont soulignés par un pointillé.

II. ÉTUDE DES MÉGASPORES. — A) *Commentaire des fuseaux.*

1) Groupe d'Auchel, fosses 2, 5 et 6¹ (tabl. 1). On remarque immédiatement que, seulement, quatre types sont réellement représentatifs : *Laevigatisporites glabratus*, *Setosisporites pseudotenuispinosus*, *Zonalesporites brasserti* et *Triangulatisporites*.

L. glabratus peut être considérée comme toujours présente sur toute la hauteur du tableau, compte tenu des veines non étudiées. Néanmoins, cette spore montre une zone de fréquence maximale en dessous du tonstein Patrice ; son pourcentage se réduit considérablement à partir de 40 m sous ce niveau et il demeure très faible jusqu'au sommet du gisement.

S. pseudotenuispinosus est signalée en trois points : l'un sous Patrice avec une fréquence de 70 %, le deuxième, en simple présence légèrement au-dessus du tonstein ; enfin, dans les veines Jeanne (90 %) et Jeannette (35 %), elle semble signaler un niveau-repère.

Z. brasserti fait 5 apparitions : 3 sous Patrice, dont la supérieure est particulièrement importante, 2 au-dessus, l'inférieure étant seule notable ; elle semble disparaître

1. Dans ce groupe, les veines Henriette, Marie, Louisa, Louissette et Antoinette ne sont plus accessibles, ce qui explique les lacunes dans les fuseaux à ces différents niveaux.

après une présence moyenne (40 %) dans la veine Marguerite.

Triangulatisporites est recueillie dans presque toutes les

veines ; néanmoins, les nœuds de son fuseau sont, dans leur ensemble, beaucoup plus accentués et plus fréquents que ceux des espèces précédentes. On constate une très

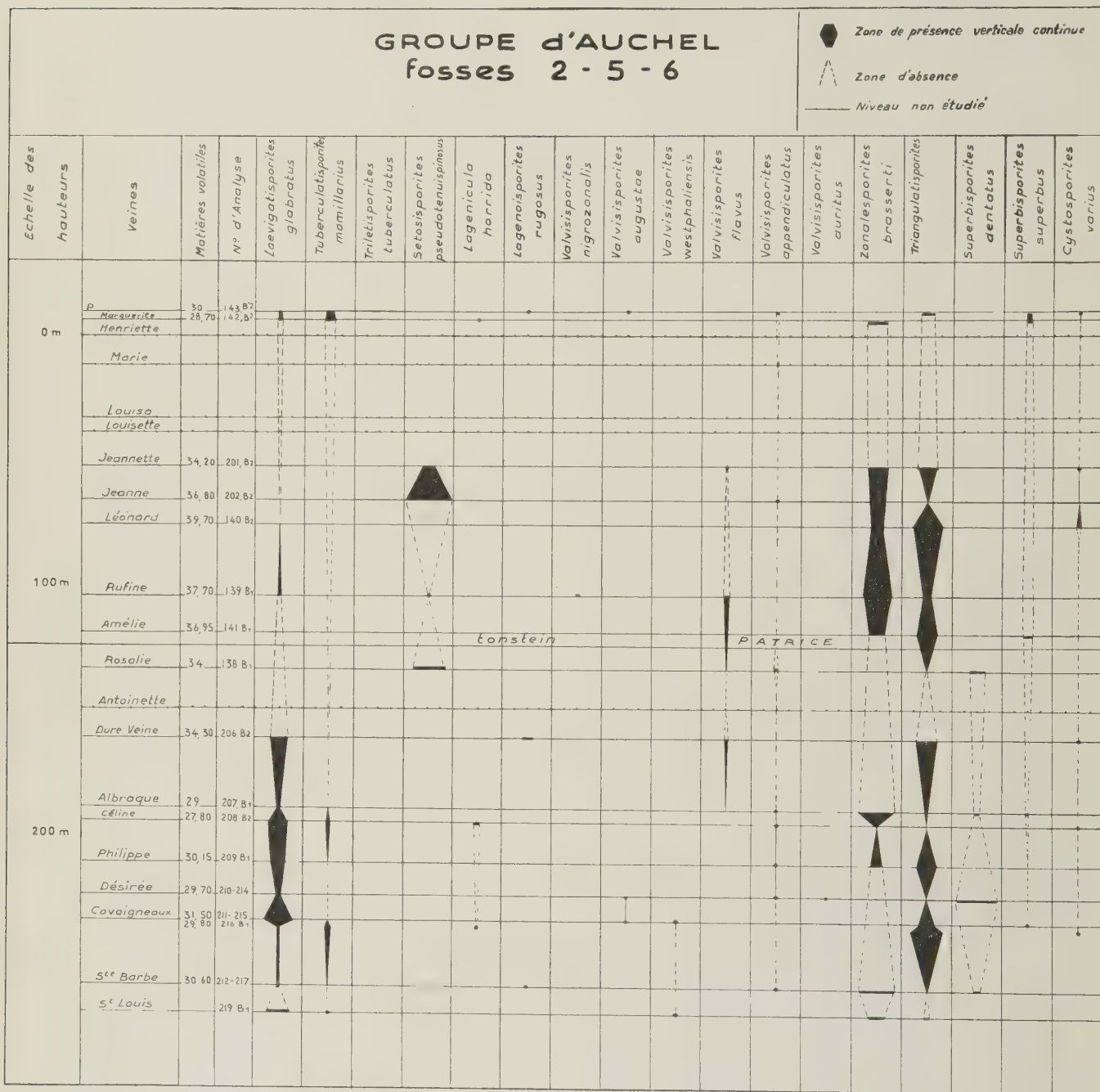


TABLEAU 1.

forte proportion de *Triangulatisporites* dans la veine Cavaigneaux (70 %) et elle est également bien abondante dans les veines Philippe, Dure veine et Léonard. Par

contre, elle est très rare dans les veines Désirée, Albraque, Rosalie et Jeanne. La rapide alternance des nœuds et des ventres rend ce fuseau particulièrement intéressant.

Parmi les espèces qui forment le « cortège », on note plus spécialement :

Tuberculisporites mamillarius (absente aux environs de Patrice), *Superbisporites superbus* et *Cystosporites varius* qui sont recueillis çà et là sur toute la hauteur du tableau. Il faut également remarquer l'absence totale de *Trilethisporites tuberculatus* qui semble donc bien se cantonner dans la partie supérieure du faisceau d'Ernestine et confirme donc les hypothèses émises au sujet de son extension verticale. *Lagenicula horrida* est signalée ici pour la première fois en France, de même que *Valvisporites westphaliensis*. Enfin, *V. nigrozonalis* n'a été trouvée qu'en un seul point.

2) Groupe de Bruay, fosses 3, 4 et 6² (tabl. 2). Étant donnée la hauteur de stampe représentée sur ce tableau (600 m environ), il est évident que les fuseaux sont particulièrement significatifs.

A l'exception de *Setosisporites pseudotenuispinosus*, on retrouve ici les mêmes espèces principales que celles signalées à Auchel, mais il faut leur ajouter *Lagenoisporites rugosus*, *Superbisporites dentatus* et *Superbisporites superbus* qui montrent des fuseaux très intéressants.

L. glabratus est ici, comme à Auchel, bien abondant dans le faisceau de Six-Sillons où il peut atteindre des proportions de 90 % (veines 19^{ter} et 23). Mais, toujours comme à Auchel, il se raréfie à environ 50 m en dessous de Patrice et ne réapparaît avec abondance que 200 m au-dessus, c'est-à-dire à un niveau bien supérieur au sommet du gisement exploité à Auchel ; dans ces conditions, il est parfaitement normal que l'on ne trouve cette espèce que rarement dans les veines supérieures du gisement d'Auchel.

Lagenoisporites rugosus apparaît de façon irrégulière et faible en dessous de Patrice ; elle montre une zone de forte fréquence (60 %) aux environs de la veine 13 puis disparaît pour revenir, en faibles quantités mais de façon continue, à un peu plus de 170 m au-dessus du tonstein. Cette allure du fuseau correspond parfaitement à ce qui a été observé dans le groupe d'Auchel au sujet de cette espèce.

Z. brasserti n'est pas présente sur toute la hauteur du tableau et semble disparaître brusquement 120 m au-dessus du tonstein Patrice. Par contre, elle existe déjà 220 m en dessous de ce dernier. Ses apparitions sont brèves mais toujours massives. De même qu'à Auchel, elle n'a pas été recueillie dans les environs immédiats de Patrice.

Triangulatisporites peut être considérée avec certitude comme existant de façon continue sur toute la hauteur de la coupe ; en effet, elle est absente uniquement dans la veine 14, qui n'a pas été étudiée, et dans le sillon inférieur de la veine 9 où l'abondance exceptionnelle de *S. dentatus* peut très bien l'avoir dissimulée. De même qu'à Auchel, ce fuseau présente des nœuds et des ventres en alternance rapide, permettant par conséquent une utilisation facile en vue des corrélations horizontales.

S. dentatus présente trois zones de présence : l'une, où elle est faiblement représentée, 100 m sous Patrice ; une autre haute de 80 m aux environs de ce tonstein mais plutôt au-dessus de lui ; la troisième, qui montre un maximum de fréquence, 140 m au-dessus de Patrice et

qui est épaisse de 40 m. Dans les niveaux supérieurs, l'espèce disparaît brusquement.

S. superbus apparaît très modestement dans le bas de la série, où elle doit exister de façon continue jusqu'au tonstein Patrice, en dessous duquel elle prend une certaine extension (60 %) dans la veine 17^{bis}. Une deuxième zone de présence correspond exactement à la zone supérieure de *S. dentatus*, les pourcentages respectifs des deux espèces se compensant d'ailleurs parfaitement.

A côté de ces espèces principales, on constate que :

Tuberculisporites mamillarius est présente toujours en faible quantité et presque absente dans le voisinage du tonstein Patrice.

Trilethisporites tuberculatus, non recueillie à Auchel, est trouvée ici dans la zone supérieure, soit à partir de 180 m au toit de Patrice.

Setosisporites pseudotenuispinosus ne se manifeste que par deux apparitions fugaces, l'une au sommet du faisceau de Six-Sillons, l'autre dans la veine 13^{bis}, soit 100 m au-dessus de Patrice, ce qui correspond parfaitement aux observations faites dans le groupe d'Auchel.

Lagenicula horrida est encore signalée en dessous du tonstein.

Valvisporites nigrozonalis, *V. augustae* et *V. flavus* jalonnent toute la hauteur du tableau par quelques présences faibles et irrégulières.

Valvisporites westphaliensis n'est recueillie que dans le faisceau de Six-Sillons et ceci de façon sporadique.

Valvisporites appendiculatus peut être considérée comme toujours présente mais toutefois, elle semble plus abondante dans le faisceau de Six-Sillons.

En ce qui concerne *V. auritus*, cette espèce n'est signalée qu'assez bas en dessous de Patrice mais avec une fréquence notable (jusqu'à 40 % dans la veine 22).

Enfin, *Cystosporites varius* a été trouvée régulièrement mais en faible quantité dans les veines les plus inférieures (passée au mur de la veine 25, veine 27). Elle est recueillie de façon très irrégulière dans les niveaux supérieurs mais persiste jusqu'à 170 m au toit de Patrice.

3) Groupe de Béthune (Nœux) fosse 7^a (tabl. 3). On retrouve ici quatre des principales espèces citées pour le groupe de Bruay ; trois d'entre elles avaient été déjà sélectionnées à Auchel : *L. glabratus*, *Z. brasserti* et *Triangulatisporites*.

L. glabratus est toujours rare au-dessus du tonstein Patrice. Cependant, elle ne disparaît pas immédiatement en dessous de ce niveau puisqu'on la trouve encore abondamment dans la veine Jeanne d'Arc⁴.

Z. brasserti montre une seule présence continue entre les veines Élisabeth et Frédéric avec, toutefois, une forte réduction de fréquence au niveau de la veine Zéro, ce qui rappelle la diminution de cette même espèce dans la veine 15 de Bruay et dans la veine Léonard d'Auchel.

Triangulatisporites est considérée ici également comme toujours présente puisque la veine Robert et la veine

2. Dans ce groupe, seule la veine 14 n'a pu être étudiée.

3. Dans cette fosse, la 4^e veine, la veine Robert et la veine Cannel-coal n'ont pu être étudiées.

4. Des résultats pétrographiques connus au cours de l'impression amènent à placer désormais la veine Jeanne d'Arc au mur du tonstein, qui constitue le toit de la veine.

GROUPE de BRUAY **fosses 3-4-6**

 Zone de présence verticale continue
 Zone d'absence
 Niveau non étudié

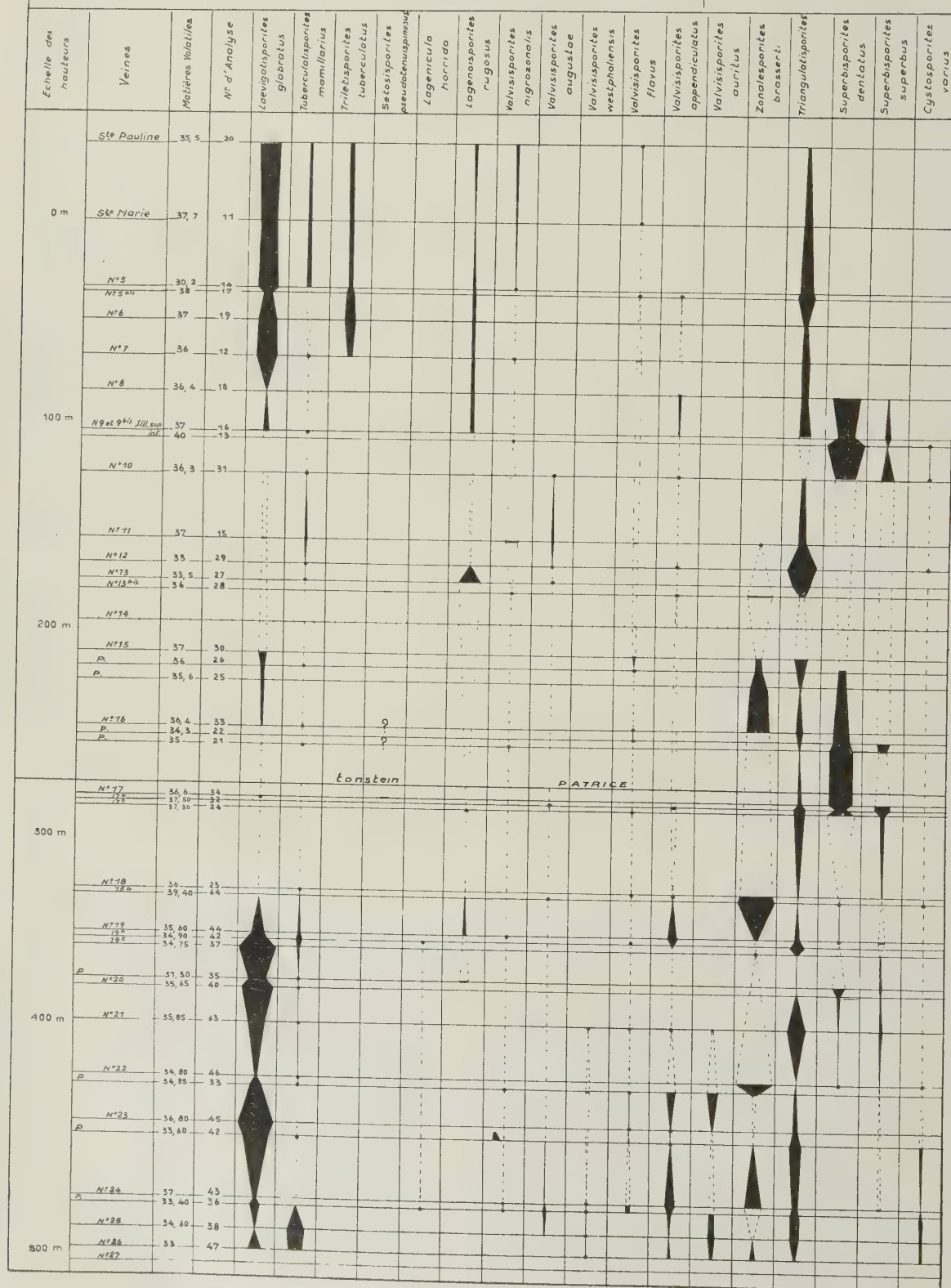


TABLEAU 2.

Cannel-coal n'ayant pu être étudiées, on retrouve cette espèce dans tous les autres niveaux. Elle montre un type de fuseau rigoureusement identique à celui déjà vu à son sujet dans les autres groupes.

S. dentatus présente, comme à Bruay, deux fortes apparitions, l'une immédiatement sous Patrice, l'autre dans les veines 3 et 3 bis (80 %), soit 150 m au-dessus du tonstein.

Parmi les espèces accessoires :

Tuberculatisporites mamillarius semble très rare, ce qui est assez normal, vu la position stratigraphique des veines examinées en fonction des observations faites dans les autres groupes (c'est-à-dire absence presque totale aux environs du tonstein).

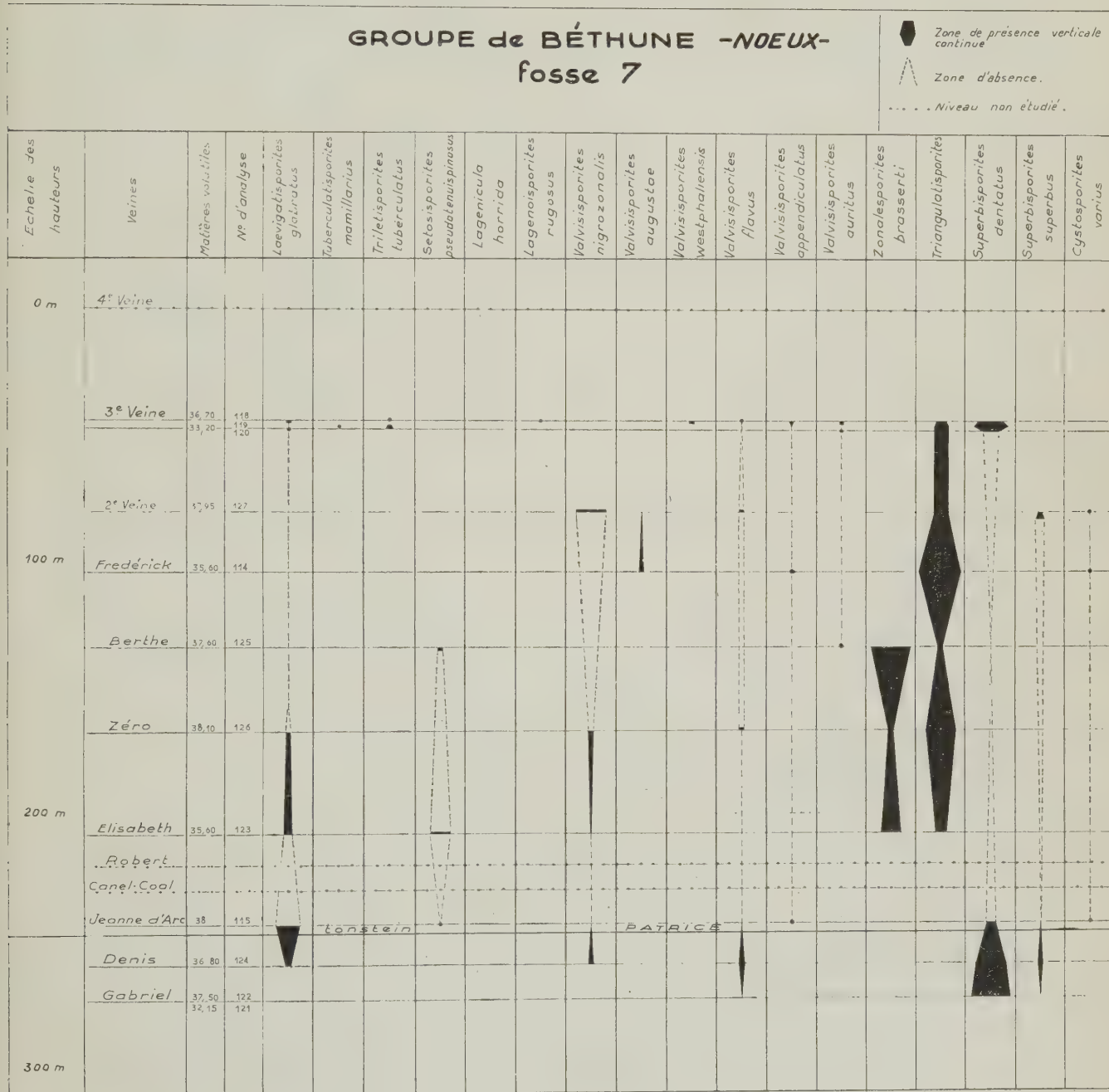


TABLEAU 3.

Triletesporites tuberculatus est recueillie dans la 3^e veine, soit à un niveau inférieur à celui où on l'a trouvée dans le groupe de Bruay.

Setosporites pseudotenuispinosus est présente légèrement en dessous de Patrice et au-dessus de ce dernier, avec une plus forte fréquence dans la veine Élisabeth ; ces deux niveaux correspondent parfaitement avec ceux observés tant à Auchel qu'à Bruay.

Lagenicula horrida est absente tandis que *Valvispori-*

rites nigrozonalis, rare en général, montre un maximum inattendu (70 %) dans la 2^e veine.

Valvisporites flavus, *V. augustae*, *V. appendiculatus* sont présentes de façon très irrégulière tandis que *V. westphaliensis* n'a pas été recueillie.

Superbisporites superbus a deux zones de présence qui correspondent exactement à celles de *S. dentatus*.

Quant à *Cystosporites varius*, elle est, ici encore, recueillie çà et là, toujours en faibles proportions.

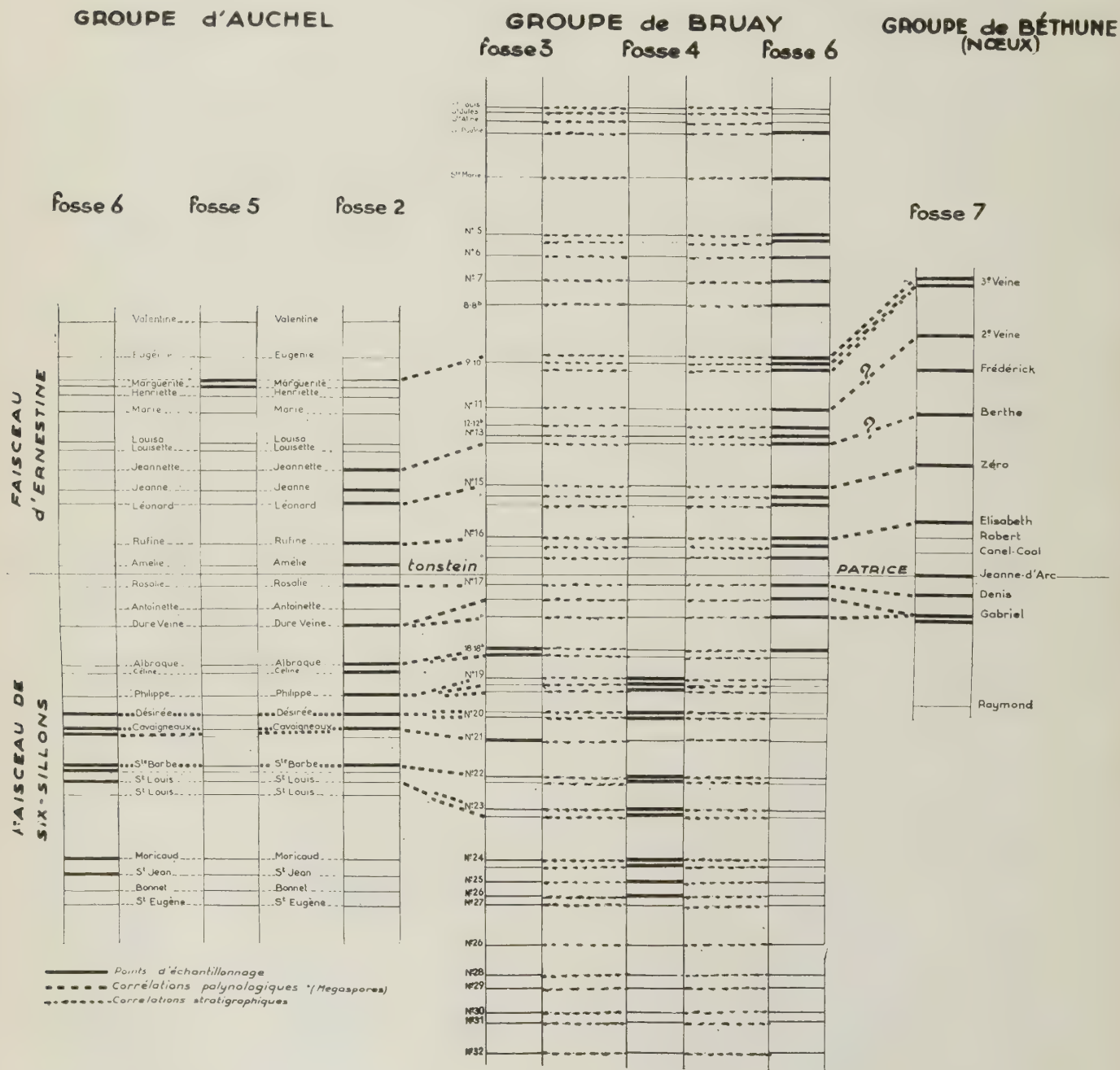


TABLEAU 4.

B) *Tableau de corrélations* (tabl. 4). Ce tableau a été établi en utilisant les graphiques de pourcentage relatifs à chaque veine. Il se trouve parfaitement confirmé par l'interprétation des fuseaux. La quasi totalité des corrélations palynologiques proposées ici est en concordance avec les travaux du fond. Cependant, un doute subsiste au sujet des rapports respectifs entre les veines 2 et Berthe de la fosse 7 de Béthune (Noeux) et les veines 11 et 13 bis de la fosse 6 de Bruay. Les résultats palynologiques ne peuvent être considérés comme définitivement concluants dans cette zone car plusieurs passées importantes n'ont pu être étudiées jusqu'à présent. Il convient donc de compléter l'information à ce sujet afin d'éviter de donner des conclusions prématurées.

III. ÉTUDE DES MICROSPORES. — L'étude systématique des microspores provenant des charbons du bassin houiller du Nord-Pas-de-Calais ne date que de quelques mois. C'est pourquoi ceux d'entre nous (J. Cayeux et J. P. Laveine) qui se sont particulièrement consacrés à ce sujet présentent des résultats concernant un nombre de veines moins important que celui examiné à l'aide des mégaspores.

A) *Commentaire des fuseaux.*

1) Groupe d'Auchel, fosses 2 et 6⁵ (tabl. 5). Cinq genres semblent ici particulièrement intéressants : *Lycospora*, *Densosporites*, *Laevigatosporites*, *Punctatosporites* et *Florinites*.

Lycospora montre une présence bien accentuée à environ 70 m en dessous du tonstein Patrice, avec un maximum de 60 % dans la veine Céline. Elle semble absente dans le voisinage immédiat du tonstein mais se retrouve très peu au-dessus, quoique en faibles proportions.

Densosporites peut être considérée comme existant sur toute la hauteur du tableau puisque, on l'a vu, la veine Antoinette n'a pu être étudiée. Son fuseau montre une fréquence plus forte dans le faisceau de Six-Sillons et une raréfaction constante dans les environs de Patrice.

Laevigatosporites, comme *Densosporites*, est présente dans toutes les veines étudiées. Son fuseau, presque cylindrique, ne peut donner que de faibles repères stratigraphiques sauf, peut-être, le maximum (70 %) dans la veine Rosalie, qui se situe immédiatement en dessous du tonstein Patrice.

Punctatosporites, comme les deux genres précédents, est recueillie sur toute la hauteur de terrain examinée. Ne dépassant pas 15 % de fréquence en dessous du tonstein Patrice, elle se développe à partir de ce niveau et atteint alors régulièrement près de 50 %.

Florinites n'a pas été trouvée dans les environs de Patrice. Elle existe toutefois en dessous, de façon continue et faible, malgré une absence presque totale dans la veine Céline. Au-dessus de Patrice, *Florinites* réapparaît, toujours assez rare mais régulièrement.

En ce qui concerne les autres genres, il est difficile d'envisager des commentaires car ils

n'ont été trouvés que rarement. Néanmoins, certains d'entre eux semblent plus fréquents dans le faisceau de Six-Sillons. Ce sont : *Leiotriletes*, *Calamospora*, *Lophotriletes*, *Acanthotriletes*, *Verrucosporites*, *Cristatisporites* et *Endosporites*. Cette constatation n'a évidemment rien à voir avec l'extension verticale réelle des genres cités cependant il semblerait que, peut-être, à la faveur d'une variation écologique, les espèces végétales correspondant à ces types de spores aient été extrêmement rares dans la surface étudiée, à l'époque où se déposaient les sédiments qui ont formé la zone du tonstein Patrice et les niveaux supérieurs à ce dernier.

Par contre, deux genres « entourent » le tonstein : ce sont *Crassosporites* et *Speciosporites* qui ne sont trouvés de façon continue qu'aux environs immédiats de ce niveau.

2) Groupe de Bruay, fosses 3, 4 et 6 (tabl. 6). Aux quatre genres considérés comme caractéristiques dans le groupe d'Auchel vient s'ajouter ici le genre *Torispora*. D'autre part, la plupart des genres accessoires montre le plus souvent une fréquence nettement plus forte que celle fournie par les veines du groupe d'Auchel, ce qui permet d'établir pour eux des « ébauches » de fuseaux.

Lycospora a une présence presque continue mais montre deux développements relatifs qui correspondent à ceux observés à Auchel. La corrélation entre les veines Rufine d'Auchel et 16 de Bruay est bien soulignée.

Densosporites, recueillie dans toutes les veines étudiées, a un fuseau montrant, à la base (veine 22), une très forte fréquence (80 %) qui s'accorde parfaitement avec celle de la veine de Sainte-Barbe d'Auchel (75 %). Elle est presque absente dans la veine 21 (comme dans la veine Cavaigneaux d'Auchel). Le « ventre » du fuseau à la 18^e veine correspond à celui de la veine Albraque d'Auchel, mais, dans les niveaux supérieurs, le fuseau devient presque cylindrique et, par conséquent, inutilisable.

Laevigatosporites montre un fuseau continu et monotone à part un brusque maximum au niveau de la veine 17, ce qui concorde avec celui de la veine Rosalie d'Auchel.

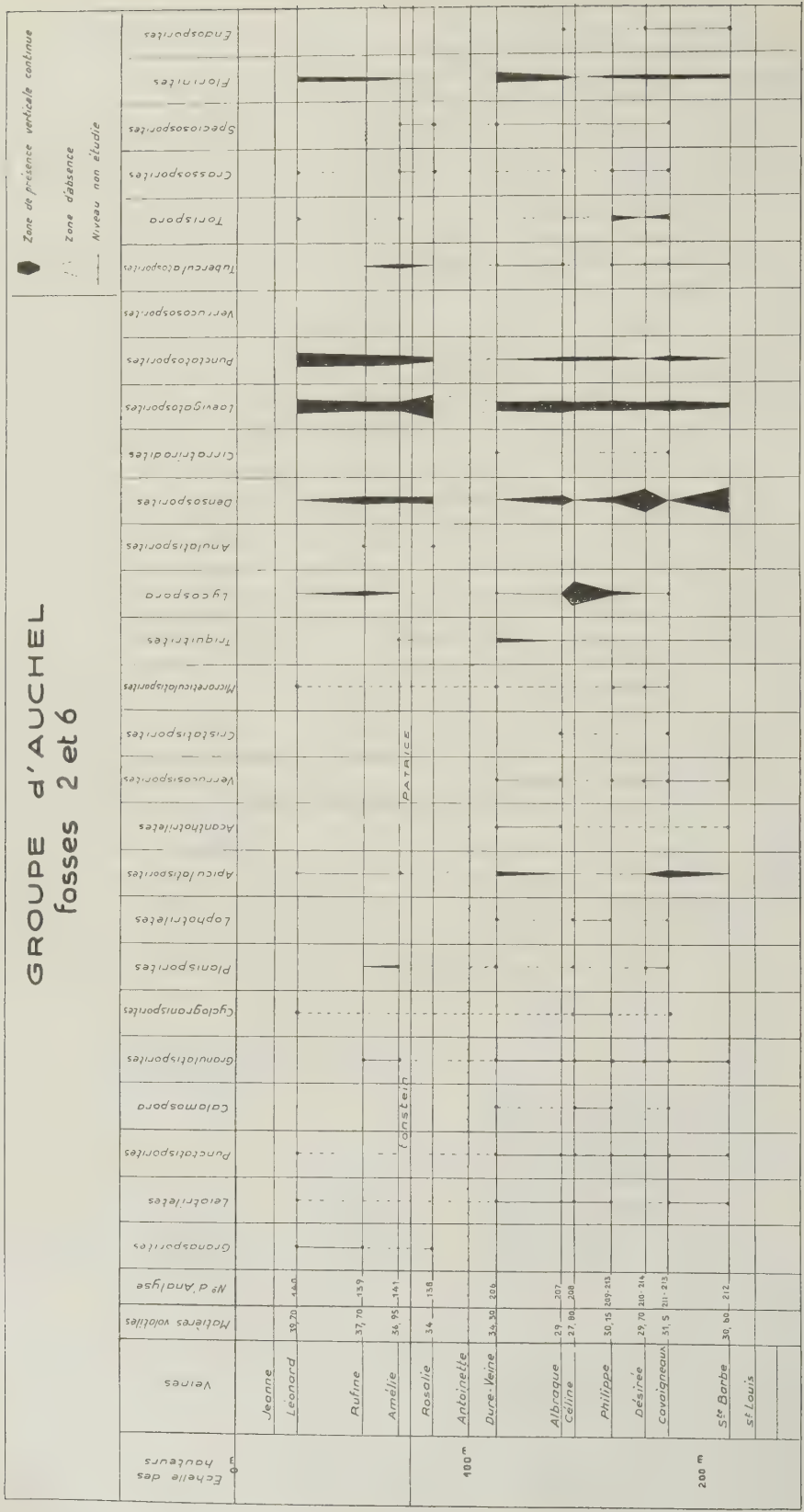
Punctatosporites a également un fuseau continu ; cependant la zone de ce fuseau inférieure au tonstein Patrice montre une fréquence beaucoup plus faible que celle située au-dessus de ce niveau.

Torispora montre un fuseau sensiblement identique à celui de *Punctatosporites* tout en restant, dans l'ensemble, nettement moins fréquente.

Florinites est assez rare mais, au contraire de *Torispora*, on la trouve plus fréquemment en dessous du tonstein Patrice, ce qui correspond au fuseau analogue dans le groupe d'Auchel.

Les genres accessoires se limitant au faisceau de Six-Sillons sont ici plus rares qu'à Auchel ;

5. Dans ce groupe, seule la veine Antoinette n'a pu être étudiée en ce qui concerne les microspores.



GROUPE de BRUAY fosses 3-4-6

Zone de présence verticale continue
 Zone d'absence
 Niveau non étudié

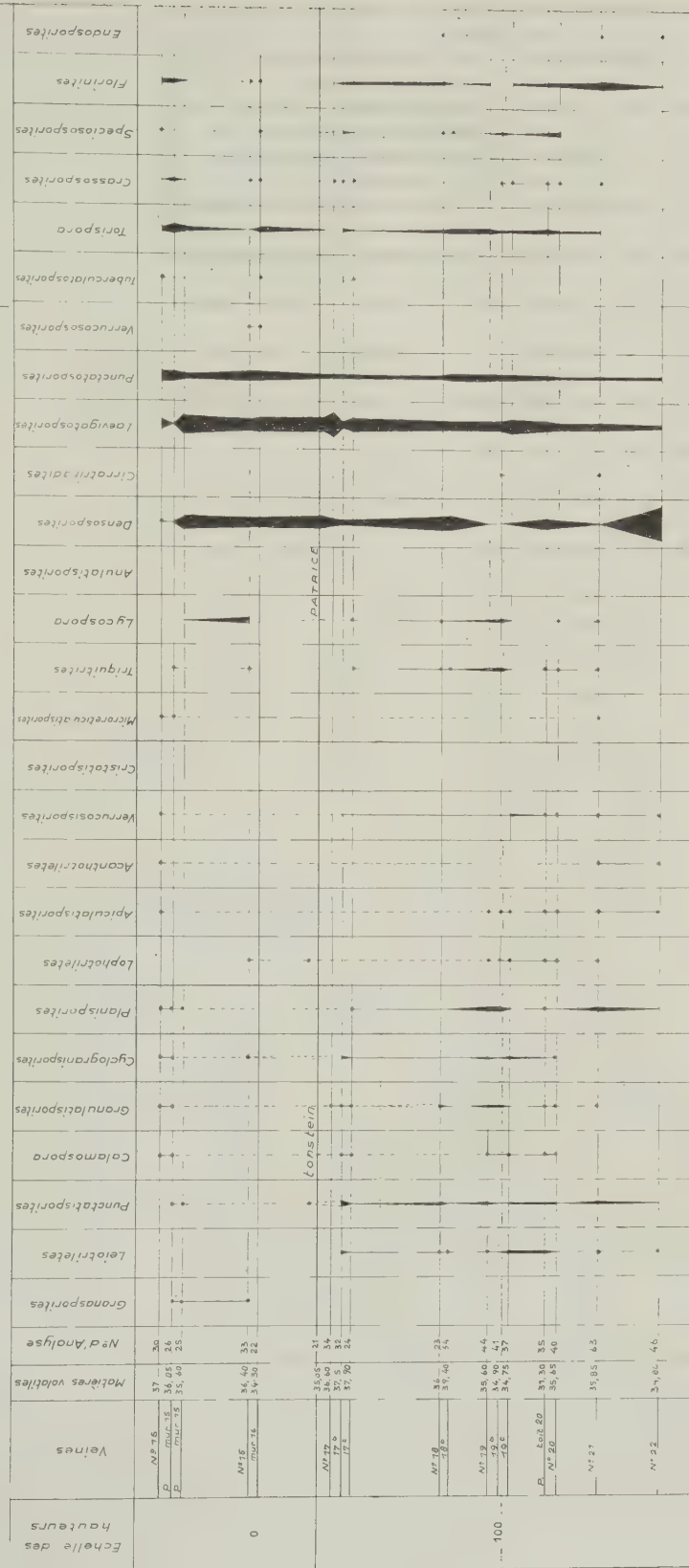


TABLEAU 6.

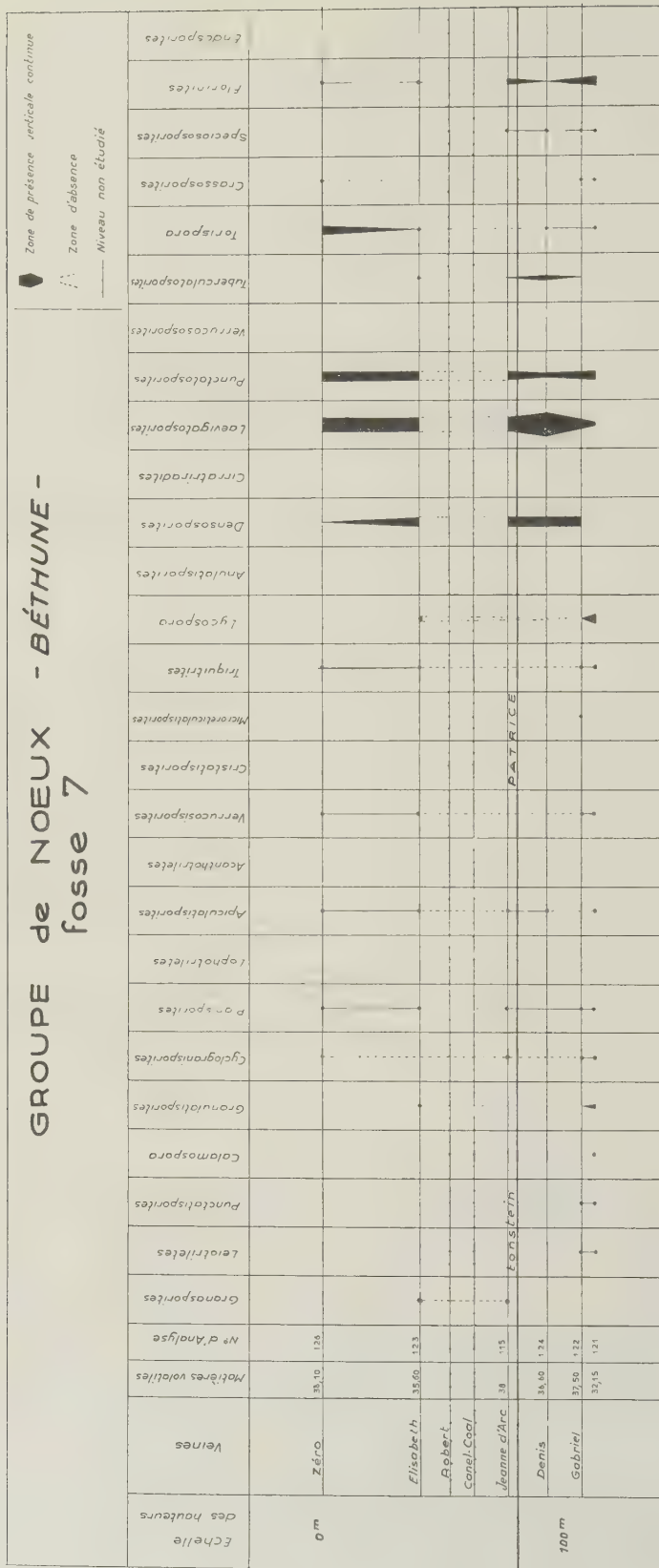


TABLEAU 7:

ils se réduisent à *Leiotriletes* et *Endosporites*. les veines du groupe d'Auchel (2 au lieu de 7)
 Cette diminution par rapport à leur nombre dans doit, à notre avis, être une conséquence écolo-

GROUPE d'AUCHEL

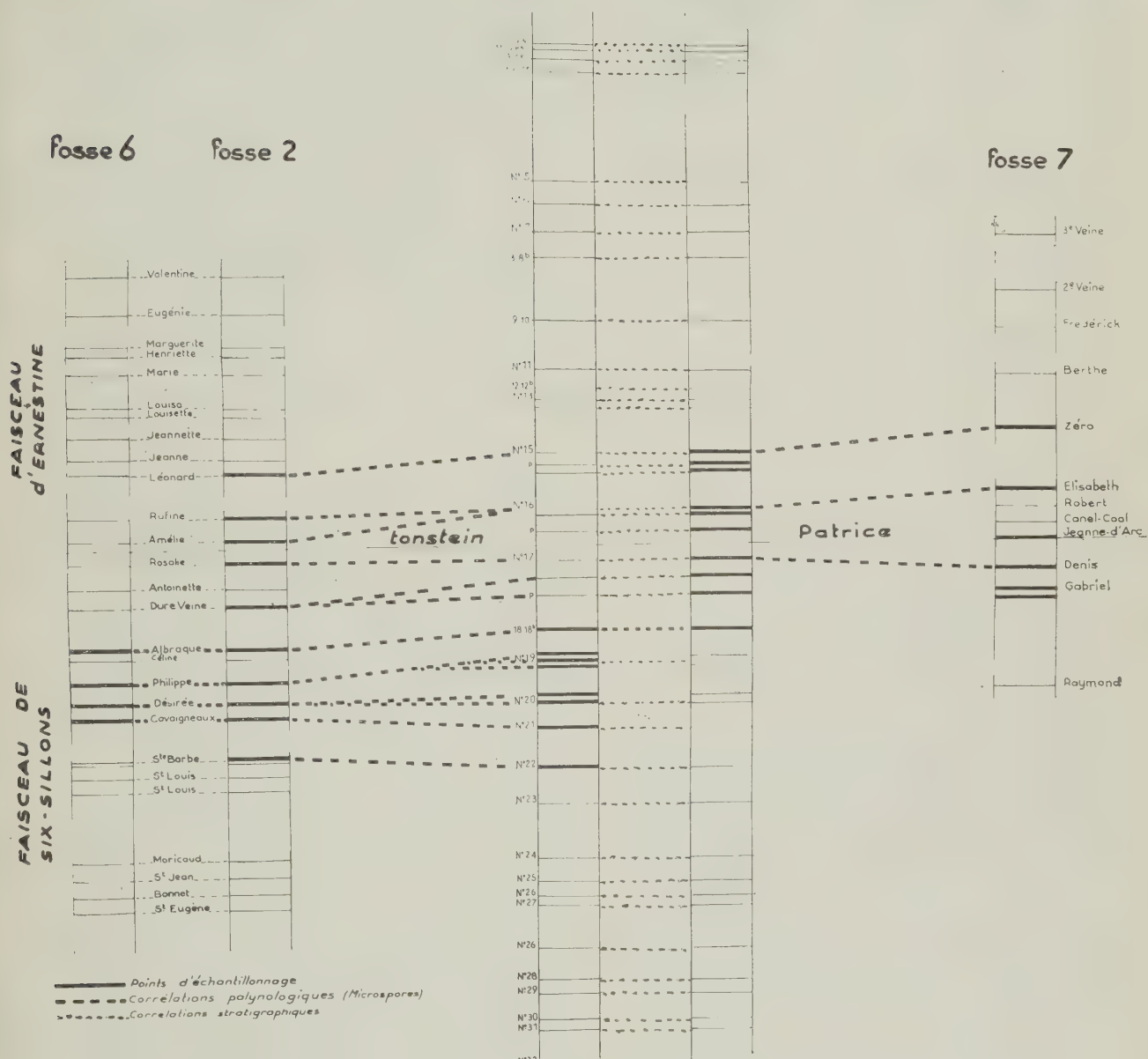
GROUPE de BRUAY
fosses 3+4 fosse 6GROUPE de BÉTHUNE
- NOËUX -

TABLEAU 8.

gique et traduire, par conséquent, la théorie des « massifs de végétation » étudiés par A. Bourroz. Par contre, les genres *Crassosporites* et *Speciososporites* demeurent toujours présents aux environs du tonstein Patrice.

3) Groupe de Béthune (Noëux), fosse 7^e (tabl. 7). Le faible nombre de veines étudiées dans

6. Dans cette fosse, les veines Robert et Cannel coal n'ont pu être étudiées en ce qui concerne les microspores.

cette fosse, qui n'exploite qu'une stampe réduite, rend difficile l'interprétation des fuseaux. Néanmoins, trois genres essentiels persistent : *Densosporites*, *Laevigatosporites* et *Punctatosporites*.

Les fuseaux correspondant à ces trois genres sont malencontreusement coupés par la lacune constituée par les veines Robert et Cannel coal qui n'ont pu être étudiées. Dans ces conditions, ils ne peuvent donner lieu à aucune interprétation car, de part et d'autre de cette « coupure », ils sont trop « courts ». Le seul fuseau significatif est celui de *Florinites* qui, ici comme sur les autres graphiques, est nettement plus abondante en-dessous du tonstein Patrice qu'au-dessus.

On ne peut rechercher les genres qui se limiteraient supérieurement au tonstein Patrice car la stampe étudiée en-dessous de ce niveau est trop réduite. Cependant, on peut toujours remarquer la persistance de *Crassosporites* et de *Speciosporites* aux environs du tonstein.

B) *Tableau de corrélations* (tabl. 8). Comme pour les mégaspores, nous avons établi ici un tableau de corrélations palynologiques basé uniquement sur les graphiques relatifs aux différentes veines étudiées. Les fuseaux confirment parfaitement cette hypothèse qui, de plus, concorde intégralement avec celle émise à la suite de l'étude des mégaspores. Cependant, une différence intervient : les graphiques de microspores semblent montrer que la veine 16 de Bruay se divise vers l'Ouest, pour correspondre, à Auchel, à l'ensemble des veines Rufine et Amélie.

IV. REMARQUES PALYNOLOGIQUES. Dans les paragraphes précédents, nous avons examiné les variations de fréquence des différents types rencontrés selon la verticale stratigraphique. Il est cependant tout aussi intéressant de rechercher les niveaux caractéristiques mis en évidence par les corrélations horizontales et de noter leur composition. L'expression la plus stricte de cette recherche consiste à observer l'éventualité d'espèces guides présentant des maximums ou des minimums constants dans certaines veines.

A) *Mégaspores*. Une espèce semble particulièrement intéressante en tant que « guide » : *Setosporites pseudotenuipinosus*. En effet, sur tous les graphiques, on constate sa présence :

— d'une part, légèrement en dessous du tonstein Patrice (10 m en moyenne) où elle confirme la corrélation entre les veines Rosalie (Auchel) et 17 (Bruay). Son absence dans la

veine Denis de Béthune, qui correspond aux deux veines précédentes, n'est pas convaincante puisqu'on la retrouve dans la veine Jeanne d'Arc qui, on l'a vu plus haut, est située maintenant au contact immédiat du tonstein ;

— d'autre part, à une distance variant entre 75 et 100 m au-dessus de Patrice : zone des veines Jeanne et Jeannette à Auchel, que l'on retrouve avec la veine 13 bis de Bruay et la veine Berthe de Béthune (Nœux).

Cette espèce n'ayant, en outre, été recueillie que dans ces deux zones, il apparaît donc qu'elle doit pouvoir jouer le rôle de repère horizontal.

Laevigatosporites glabratus, *Tuberculatisporites mamillarius* et *Zonalesporites brasserti* sont régulièrement absentes dans les environs de Patrice, avec toutefois une exception pour *L. glabratus* à Béthune, exception qui se trouve encore réduite à la suite du changement de position de Patrice par rapport à la veine Jeanne d'Arc. Par conséquent, l'absence simultanée de ces trois espèces caractérise presque certainement un niveau immédiatement supérieur ou inférieur au tonstein.

Deux espèces sont, en plus, signalées ici pour la première fois en France : *Lagenicula horrida* et *Valvisporites westphaliensis*. Elles n'atteignent jamais une fréquence importante et, en outre, sont très inégalement réparties tant horizontalement que verticalement. Par suite, on peut supposer qu'elles provenaient de Végétaux n'entrant que dans des associations bien définies.

Par contre, *Cystosporites varius* est presque toujours présente et dans toutes les « verticales ». Elle devait donc pouvoir s'adapter à des conditions phytosociologiques très variées.

B) *Microspores*. Chez les microspores, on remarque d'abord l'absence régulière du genre *Lycospora* aux environs du tonstein Patrice et, plus particulièrement, en-dessous de ce dernier. En outre, un maximum de fréquence de *Lycospora*, à un niveau situé entre 30 et 40 m au toit du tonstein confirme la corrélation entre les veines Rufine (Auchel), 16 (Bruay) et Elisabeth (Béthune-Nœux).

Les fuseaux de *Laevigatosporites* montrent, dans chaque groupe, un « ventre » particulièrement significatif, immédiatement au mur du tonstein et soulignant la correspondance entre les veines Rosalie (Auchel), 17 (Bruay) et Denis (Béthune-Nœux). Ce niveau est parfaitement bien caractérisé par le genre *Laevigatosporites* car, dans toutes les verticales étudiées, c'est le seul point où ce genre atteigne une fréquence égale ou supérieure à 50 %.

Torispora est ici trouvée pour la première fois à un niveau stratigraphique aussi bas. En outre, ce genre montre une particularité de même ordre que celle de *Laevigatosporites*. En effet alors que, dans l'ensemble, il est assez rare, il se développe brutalement au niveau de la veine 15 de Bruay et des passées sous-jacentes ainsi que dans la veine Zéro de Béthune-Nœux ; il est en outre présent dans la veine Léonard d'Auchel. Par conséquent, il caractérise bien la correspondance entre les deux premières veines et confirme leurs rapports avec la veine Léonard d'Auchel.

CONCLUSIONS. — Les résultats qui viennent d'être exposés démontrent, à notre avis, l'intérêt de l'utilisation de la palynologie dans la stratigraphie houillère : des corrélations précises, de veine à veine, apparaissent possibles, dans le bassin du Nord-Pas-de-Calais, sur des

distances de plus de 10 km et ceci en se basant sur l'analyse d'un « échantillon moyen ». Mégaspores et microspores s'avèrent aussi efficaces les unes que les autres du point de vue repérage stratigraphique. Néanmoins, certaines variations latérales sont sensibles ; elles peuvent être décelées grâce à un quadrillage de prélèvements très serré.

Un point particulier mérite d'être mentionné : l'utilisation directe des graphiques de veine permet d'établir des corrélations horizontales même si la hauteur de terrain étudiée est trop faible pour construire des fuseaux significatifs.

Malgré ces différentes remarques, un travail de dépouillement systématique est indispensable. Notre effort est orienté vers ce but et c'est ainsi que nous espérons pouvoir apporter notre contribution à la connaissance palynologique du terrain houiller.

Ouvrages consultés.

- ALPERN B. (1959). — Contribution à l'étude palynologique et pétrographique des charbons français. Thèse, Paris.
- BHARDWAJ D. C. (1957). — The palynological investigations of the Saar coals. *Palaeontographica*, Bd 101, Abt. B.
- BOUROZ A. (1940). — Faciès et massifs de végétation dans la formation houillère du Nord de la France. Thèse, Lille.
- DANZÉ J. (1958). — Premier inventaire des spores de l'assise de Bruay, à Bruay. *Bull. Soc. bot. Nord France*, t. XI, n° 4.
- DANZÉ J. et VIGREUX S. (1959). — Distribution verticale des mégaspores de l'assise de Bruay, à Bruay. *Ibid.*, t. XII, n° 4.
- DYBOVA S. et JACHOWICZ A. (1957). — Microspores of the upper silesian coal measures. Prague.
- ERDTMANN G. (1943). — An introduction to pollen analysis. Waltham, Massachusetts, U. S. A.
- PIÉRART P. (1958). — Palynologie et stratigraphie de la zone de Neeroeteren. *Ass. Ét. Pal. et Stratigr. houillères*, Publ. n° 30.
- POTONIÉ R. et KREMP G. (1955). — *Die Sporae dispersae* des Ruhrkarbons. *Paleontographica*, Bd 98, Abt. B.
- SAHABI Y. (1936). — Recherches sur les spores des houilles françaises, Thèse Univ., Lille.

Classification des Ptéridophytes et des Ptéridospermophytes du Carbonifère

par Paul CORSIN*.

Sommaire. — Les plantes rentrant dans les embranchements des Ptéridophytes (Fougères) et des Ptéridospermophytes sont classées en classes, ordres et familles d'après 1) les caractères des organes fertiles (sporangies, inflorescences mâles, inflorescences femelles = ovules) ; 2) le port (herbacées, buissonnantes, arborescentes) ; 3) l'architecture des frondes.

La systématique des plantes est habituellement basée sur les caractères des organes fructifères, c'est-à-dire, et pour ne parler ici que des plantes dites supérieures, que l'on classe les Végétaux, qui peuplent ou ont peuplé notre globe, d'après la forme, la position ou les groupements des sporanges chez les Cryptogames vasculaires, par les caractères des organes polliniques et des ovules pour les Préphanérogames et d'après la composition de la fleur chez les Phanérogames.

Mais toute autre base de classification est valable et notamment, en dehors des critères précédents, l'anatomie, l'architecture de l'ensemble de la plante ou bien encore la structure externe des feuilles ou des frondes, c'est-à-dire en somme tous les caractères de morphologie interne ou externe.

En Paléobotanique, la connaissance toujours imparfaite des plantes du passé nous conduira irrémédiablement à adopter un tel point de vue. En effet, s'il est facile, pour les plantes actuelles, de se baser sur les « fructifications » ou sur les organes florifères dans un but de classification, le problème est tout autre quand il s'agit de plantes fossiles sur lesquelles nos connaissances sont toujours plus ou moins incomplètes. Chez ces dernières nous ne possédons souvent des renseignements, et encore sont-ils généralement fragmentaires, soit uniquement sur l'anatomie des tiges et des pétioles, soit sur l'architecture des frondes et des feuilles, soit plus simplement encore sur le contour et la nervation des pinules ou des feuilles, mais rarement sur les caractères des organes fructifères. C'est pourquoi, dans ce domaine, il ne faut négliger ni l'anatomie, ni le port des plantes, ni l'architec-

ture de leurs divers organes. D'ailleurs s'il existe, entre deux familles de plantes, des différences dans l'architecture des frondes, nous verrons qu'il y en a bien souvent également dans la nature de leurs organes de reproduction et il en est de même pour la structure interne. Du moins est-ce vrai pour les Végétaux du Paléozoïque.

Dans ce qui suit, je donnerai la division en classes et familles, d'une part de l'embranchement des Ptéridophytes *stricto sensu* (= Fougères), d'autre part des Ptéridospermophytes (= Préphanérogames) du Carbonifère, basée sur les caractères anatomiques, sur l'architecture des frondes, sur le port des plantes et sur la nature des organes reproducteurs.

Cryptogames vasculaires.

PTÉRIDOPHYTES *stricto sensu*
(= FILICINÉES *auctor*).

Les Ptéridophytes sont caractérisées au point de vue anatomique par un système vasculaire libéro-ligneux dépourvu de formations secondaires (excepté chez quelques Paléoptéridales), ordinairement polystélisque (sauf chez la plupart des Fougères paléozoïques) et chez lequel chaque faisceau ligneux est ordinairement entouré par une couche continue de liber. L'appareil végétatif comprend une tige habituellement peu ramifiée et des feuilles ou frondes souvent de très grande taille, ordinairement plusieurs fois divisées en pennes, les dernières divisions

* Note présentée à la séance du 2 mai 1960.

étant les pinnules. Quant à l'appareil fructifère, il est formé de sporanges simples ou réunis en synanges, portés soit à la face inférieure des frondes (sous le limbe), soit sur le bord des pinnules, soit à l'extérieur du limbe sur un prolongement des nervures ou encore par des pinnules ou des pennes complètement modifiées en organes sporangifères spéciaux. Les Ptéridophytes sont isosporées, sauf les Archaeoptéridales, Næggerathiales et Hydroptéridales.

I. PALAEOPTÉRIDALES. — La définition de cette classe, entièrement et uniquement fossile et connue presque seulement en structure conservée, est basée sur l'anatomie des tiges et des pétioles.

Tiges à stèle caulinaire protostélisque (simple ou évoluée ou dérivée d'une protostèle) ou bien polystélisque, chaque élément pouvant encore être considéré comme provenant d'une protostèle.

Frondes, soit sans limbe foliaire donc uniquement à l'état d'axes, soit pourvues d'un phyllophore, soit à stèle pétioleaire à courbure inverse.

1. *Stauroptéridinées* = *Stauroptéridacées*. Stèle pétioleaire des rachis d'ordre inférieur à 4 pôles fondamentaux mésarches. Frondes composées exclusivement d'axes, sans limbe foliaire. Rachis de tous ordres portant 4 files de rachis d'ordre supérieur disposés par paire alternativement à droite et à gauche. Sporangies solitaires et terminaux. — Viséen-Westphalien. — Ex. : *Stauropteris oldhamia* BINNEY, Westphalien inférieur.

2. *Cladoxylinées* = *Cladoxyllacées*. Stèle caulinaire et stèle pétioleaire polystéliques dont chaque élément possède une boucle ou boutonnière avec îlot de protoxylème subpériphérique et interne : chaque stèle individuelle est donc l'équivalent d'une protostèle à pôle endarche. Sporangies terminaux en bouquets. — Dévonien-Viséen. — Ex. : *Cladoxyllon taeniatum* UNGER, Viséen.

3. *Phyllophorinées*. Fougères ayant un phyllophore c'est-à-dire dont le rachis principal de la fronde, et par suite la stèle phyllophorale, possède deux plans de symétrie : l'un antéro-postérieur (plan principal), l'autre droite-gauche (plan accessoire). Le phyllophore est un organe porte-feuilles intermédiaire entre la tige et la feuille.

a) *Ankyroptéridacées* ou *Clepsydracées*. Stèle caulinaire légèrement étoilée ou cylindrique avec souvent une moelle interne. Phyllophore pourvu d'une stèle ligneuse plus ou moins complexe comprenant toujours deux faisceaux latéraux

sub-périphériques, tubulaires ou aplatis de protoxylème entourés de métaxylème. Sur le phyllophore, deux rangées de pétioles. — Viséen-Permien. — Ex. : *Clepsydropsis excelsa* P. BERTRAND, Viséen ; *Ankyropteris bertrandi* P. CORBIN, Namurien.

b) *Etaptéridacées* ou *Zygoptéridacées*. Stèle caulinaire cylindrique avec souvent une moelle interne. Phyllophore pourvu d'une stèle ligneuse n'ayant l'aspect tubulaire qu'au moment de l'émission des pétioles ; au repos, stèle ligneuse creusée de deux gouttières latérales munies chacune de 2 pôles fondamentaux, donc en tout stèle phyllophorale avec 4 pôles fondamentaux. Quatre files de pétioles sur le phyllophore. — Viséen-Permien. — Ex. : *Metaclepsydropsis duplex* WILLIAMSON, Viséen ; *Etapteris scotti* P. BERTRAND, Westphalien ; en empreinte : *Corynepteris coralloides* GUTBIER, Namurien-Westphalien.

4. *Inversicaténinées*. Fougères dont la stèle foliaire possède une courbure inverse de celle des Fougères actuelles. Cette courbure est surtout visible par l'inversion de la différenciation ligneuse qui se fait d'abord tangentielllement puis de façon centrifuge par rapport à l'axe de la tige.

a) *Botryoptéridacées* : herbacées. Tige protostélisque à stèle ligneuse cylindrique, pleine. Rachis protostélisque ou à stèle dérivée d'une protostèle. Courbure apparente directe. Stèle pétioleaire ligneuse à un ou à deux pôles fondamentaux adaxiaux. — Viséen-Permien. — Ex. : *Botryopteris antiqua* KIDSTON, Viséen ; *B. forensis* RENAULT, Stéphanien.

b) *Anachroptéridacées* : herbacées ou arborescentes de petite taille. Tige protostélisque à stèle ligneuse cylindrique pleine. Stèle pétioleaire, à courbure inverse apparente, pourvue de deux pôles fondamentaux adaxiaux. — Viséen-Permien. — Ex. : *Grammatopteris rigolloti* RENAULT, Permien ; *Anachropteris robusta* P. CORBIN, Stéphanien.

c) *Tubicaulidacées* : herbacées. Tige protostélisque à stèle cylindrique pleine. Stèle pétioleaire, à courbure inverse apparente, pourvue de deux pôles fondamentaux latéraux (un de chaque côté). — Westphalien-Permien. — Ex. : *Tubicaulis berthieri* Ch. EG. et P. BERTRAND, Permien.

II. EUSPORANGIALES. — Sporangies issus d'un groupe de cellules. Parois des sporanges épaissies, donc formées de plusieurs couches de cellules. Pas d'anneau ni de calotte apicale.

1. *Crossothécinées* = *Crossothécacées* : sub-ar-

borescentes. Frondes de grande taille. Pinnules ou petites pennes fertiles spécialisées en organes sporangifères en forme d'épaulettes sous lesquelles pendent des sporanges allongés, faiblement pédiculés et protégés par une pseudo-indusie formée de volets déterminant une chambre sporangifère s'ouvrant à maturité. Éléments sporangifères réunis en pennes fertiles. Uniquement fossile. — Westphalien. — Ex. : *Crossotheca crepini* ZEILLER, Westphalien C.

2. *Urnatopteridines* = *Urnatopteridacées* : herbacées ou sub-herbacées. Frondes de taille moyenne. Sporangies nus, sub-sphériques ovoïdes, non réunis en synanges, situés sur la face inférieure des pinnules, couvrant toute la surface du limbe ou localisés à l'apex des lobes. Uniquement fossile. — Namurien-Stéphanien. — Ex. : *Urnatopteris herbacea* BOULAY, Westphalien ; *Renaultia gracilis* BRONGN., Namurien-Westphalien.

III. *PROTOLEPTOSPORANGIALES*. — Intermédiaires entre les *Eusporangiales* et les *Leptosporangiales*. Sporangies à parois épaissies, formées de plusieurs couches de cellules (= caractère d'*Eusporangiales*), avec une plaque apicale plus ou moins rudimentaire (= caractère de *Leptosporangiales*).

Osmondinées = *Osmondacées* : frondes de grande taille. Sporangies larges, souvent très nombreux sur chaque pinnule, agrégés mais non réunis en véritable synanges, s'ouvrant par une fente apico-ventrale. — Westphalien-Actuel. — Ex. : *Discopteris karwinensis* STUR, Westphalien C et D.

IV. *PSARONIALES*. — Arborescentes de très grande taille. Tiges simples du type *Psaronius* COTTA, c'est-à-dire ayant en structure un cylindre ligneux central polystélique entouré d'un tissu cortical dans lequel il y a de très nombreuses racines adventives aériennes de grosse taille (= manchon radiculaire). En empreintes : tiges, soit pourvues de deux rangées diamétralement opposées de cicatrices foliaires coalescentes dans le sens longitudinal et élargies transversalement (= *Megaphyton*), soit munies d'un grand nombre (4 ou plus) de rangées de cicatrices foliaires disposées en hélices (= *Caulopteris*), soit avec deux rangées de cicatrices foliaires fort éloignées les unes des autres et allongées longitudinalement (= *Hagiophyton* P. CORSIN).

1. *Pécoptéridinées*. Frondes de très grande taille formant une couronne apicale sur le tronc où elles sont disposées, soit sur deux files diamétralement opposées (*Hagiophyton* et *Mega-*

phyton), soit suivant quatre rangées à angle droit ou plus de quatre rangées, en hélices (*Caulopteris*). Pinnules de petite taille attachées au rachis par toute leur base, plus ou moins perpendiculaires au rachis-support, à bords latéraux parallèles, arrondies au sommet. Nervure principale simple, nervures latérales simples ou dichotomes.

a) *Caulopteridacées*. Frondes de très grande taille, simples, régulièrement pennées (tri- ou quadripennées), disposées sur la tige en hélices suivant au moins 4 rangées longitudinales (*Caulopteris* tétrastiques ou polystiques). Pinnules du type pécoptéridien. Sporangies sans calotte apicale, ni anneau, portés soit sur la face inférieure du limbe et réunis en synanges circulaires (*Asterotheca* PRESL, *Acitheca* = *Scoleopteris*) ou allongés (*Orthotheca* P. CORSIN), soit à l'extrémité des nervures en dehors du limbe (*Bertrandia* A. DALINVAL = ex. *Zeilleria* KIDSTON *pro parte*). — Westphalien-Permien. — Ex. : *Asterotheca cyathea* SCHLOTH. (= *Caulopteris cyathea*), Westphalien D et Stéphanien ; *Orthotheca saraepontana* (STUR) *sp.*, Westphalien D et Stéphanien A ; *Bertrandia avoldensis* STUR, Westphalien B et C.

b) *Hagiophytinacées*. Frondes alternes et fort éloignées les unes des autres, de très grande taille, simples, régulièrement pennées (tri- ou quadripennées), disposées sur la tige suivant deux rangées diamétralement opposées. Pinnules du type pécoptéridien. Sporangies peut-être du type *Ptychocarpus* WEISS ? (synanges spéciaux de 8 sporanges). — Westphalien D. — Ex. : *Hagiophyton* P. CORSIN, Westphalien D ; ? *Ptychocarpus unitus* BRONGN., Westphalien D et Stéphanien.

c) *Megaphytinacées*. Frondes de très grande taille, bifides, formées d'un rachis principal nu divisé par dichotomie en deux pennes principales symétriques tri- ou quadripennées, presque coalescentes verticalement, disposées sur la tige suivant deux files diamétralement opposées. Pinnules du type pécoptéridien. Sporangies isolés à la face inférieure du limbe, avec une calotte apicale très nette ou se différenciant tardivement (= *Senftenbergia* CORDA). — Namurien-Westphalien-Stéphanien au Rhétien. — Ex. : *Senftenbergia aspera* BRONGN. (= *Megaphyton aspera*), Namurien ; *S. pennaeformis* BRONGN., Westphalien.

V. *LEPTOSPORANGIALES*. — Sporangies issus d'une seule cellule épidermique. Parois des sporanges minces et formées d'une seule couche de cellules. Anneau ou calotte apicale.

Filicinées : homosporées, terrestres.

a) *Gleichéniacées* : herbacées. Rhizome rampant. Frondes pseudodichotomes par avortement du bourgeon terminal (point végétatif). Sporangies en sores. Anneau transverse, médial, s'ouvrant par une fente longitudinale. — Westphalien-Actuel. — Ex. : *Oligocarpia brongniarti* STUR, Westphalien B-C.

b) *Loxomacées* : herbacées. Rhizome rampant. Frondes pluripinnées. Sores marginaux ou extérieur au limbe, sur les nervures, ramifiés. Sporangies pyriformes, sub-sessiles avec anneau oblique complet ou imparfait. Colonne sporangifère dépassant les sporangies. — Westphalien-Actuel. — Ex. : *Hymenophyllites quadridactylites* GUTBIER, Westphalien ; *Boweria schatzlarensis* STUR, Westphalien.

VI. ARCHAEOPTÉRIDALES *pro parte*. = ARCHAEOPTÉRIDACÉES : Fougères arborescentes ou herbacées. Frondes de diverses tailles, uni- ou multipinnées. Organes fructifères (= sporangies) portés, soit par des pennes spécialisées sans limbe complètement transformées en pennes sporangifères, soit par des pinnules d'où le limbe a totalement disparu, avec de nombreux sporangies. Hétérosporées. Entièrement fossile. — Dévonien moyen-Carbonifère inférieur. — Ex. : *Triphylopteris* SCHIMPER, Carbonifère inférieur ; *Anisopteris* OBERSTE-BRINK (= *Rhacopteris* SCHIMPER), Carbonifère inférieur.

VII. NOEGGERATHIALES = NOEGGERATHIACÉES : arborescentes. Frondes relativement de petite taille, unipinnées. Folioles assez grandes, soit rétrécies à la base, arrondies et plus ou moins denticulées au sommet et disposées sur deux rangées (*Noeggerathia*), soit plus allongées, rectilignes, déchiquetées au sommet et disposées sur quatre rangées (*Tingia*). Nervures toutes de même valeur, dichotomes, sub-parallèles. Appareil fructifère sub-terminal et terminal sur les rameaux végétatifs, composé de sporophylles disposés comme les feuilles et portant à leur partie supérieure une quinzaine de sporangies. Hétérosporées. Entièrement fossile. — Carbonifère-Trias. — Ex. : *Noeggerathia foliosa* STERNB., Westphalien C ; *N. chalardi* J. DANZÉ, Westphalien B.

VIII. SPHÉNOPTÉRIDALES *pro parte* = SPHÉNOPTÉRIDACÉES : Végétaux connus en empreintes d'après l'appareil végétatif et d'affinités filicéennes. Herbacées à sub-arborescentes. Frondes multipinnées. Pinnules petites ou de très petite taille, lobées. Nervures libres en éventail. En-

tièrement fossile. — Carbonifère inférieur-Permien. — Ex. : *Sphenopteris souichi* ZEILLER, Westphalien A et B ; *Sph. aureli* J. DANZÉ, Westphalien B et C.

Préphanérogames.

Plantes intermédiaires entre les Ptéridophytes et les Phanérogames. Pas de véritables graines. Reproduction au moyen d'ovules directement et immédiatement sans le stade d'arrêt de la graine. Pas d'embryon.

PTÉRIDOSPERMOPHYTES.

Préphanérogames à port de Fougères. Herbacées, buissonnantes ou sub-arborescentes à arborescentes. Frondes ordinairement de grande taille et plusieurs fois divisées en pennes, les éléments ultimes étant les pinnules. Ni cônes, ni fleurs. Organes mâles et femelles portés, soit isolément par des ramifications de la fronde (petites pennes ou pinnules), soit groupés en pennes spécialisées plus grandes. Embranchement uniquement fossile.

Dévonien moyen-Crétacé inférieur.

Bien que l'on puisse sans conteste raccorder parfois certaines structures à des empreintes [par exemple *Lyginopteris oldhamia* (structure) et *Calymmatotheca hoeninghausi* (empreinte) ainsi que probablement les Médullosées et les Aléthoptéridées-Neuroptéridées], je crois préférable de classer d'une part les Ptéridospermophytes connues en structure et éventuellement en empreintes, et d'autre part les Ptéridospermophytes trouvées simplement en empreintes.

I. CALAMOPITYALES = CALAMOPITYACÉES : connues simplement en structure. Tiges dressées de taille moyenne à structure monostélisque, portant habituellement des pétioles contenant un certain nombre de faisceaux ligneux. — Dévonien supérieur-Carbonifère inférieur. — Ex. : *Calamopitys saturni* UNGER, Carbonifère inférieur.

II. MÉDULLOSALES = MÉDULLOSACÉES : connues en structure avec empreintes correspondant probablement. Tige dressée de taille moyenne, polystélisque. Gros rachis également polystéliques donc contenant un grand nombre de faisceaux dispersés sans ordre. Frondes de grande taille. Ovules souvent très gros. — Namurien-Permien. — Ex. : *Medullosa anglica* SCOTT, Westphalien ; *Alethopteris* et *Neuropteris* ?

III. **LYGINOPTÉRIDALES = LYGINOPTÉRIDACÉES** : connues en structure et en empreintes. Tiges dressées de taille moyenne, monostéliques. Rachis également monostéliques. Frondes fourchues bifides avec un rachis principal, garni ou non de pennes sub-opposées, se divisant en deux rachis primaires munis de pennes alternes plusieurs fois divisées. Pinnules du type sphénoptéridien. Ovules (*Lagenostoma* = *Lagenospermum* ou *Sphaerostoma* = *Conostoma*) de petite taille dans des cupules (*Diplotheca* = *Calymmatotheca pars*); synanges de microsporangies (= *Telangium* ? *pars*). — Namurien-Westphalien. — Ex. : *Calymmatotheca* (*Sphenopteris*) *hoenighausi* BRONGN. (empreinte) = *Lyginopteris oldhamia* WILLIAMSON (structure), Namurien-Westphalien A.

IV. **PTÉRIDOSPERMALES**. — Ptéridospermytes connues seulement en empreintes.

1. **Diploptémacées** : sub-arborescentes. Tige dressée. Frondes de grande taille formées d'un rachis principal, pouvant être garni ou non de pennes sub-opposées, divisé par dichotomie en deux rachis primaires égaux pennés (donc frondes vraiment composées de deux sections symétriques par rapport au rachis principal). Pinnules sphénoptéridiennes. Inflorescences mâles (= *Telangium pro parte*) : pennes spécialisées, les pinnules étant remplacées par des groupes de sacs polliniques portés par un réceptacle. Inflorescences femelles : également pennes spéciales, chaque pinnule ou petite penne étant transformée en une cupule renfermant un ovule (= *Ovospermum nov. gen.*). — Namurien-Westphalien. — Ex. : *Diploptema* (*Sphenopteris*) *striata* GOTHAN, Westphalien ; *D. adiantoides* SCHLOTH., Carbonifère inférieur.

2. **Aléthoptéridacées** : sub-arborescentes. Tige dressée. Frondes de très grande taille. Rachis primaires légèrement en zigzag et divisés par pseudo-dichotomies inégales, la plus petite étant la penne primaire. Pas de pennes ni de pinnules intercalaires. Pinnules décurrentes sur le rachis. Nervures soit libres, soit anastomosées. Organes polliniques en forme de cloches (campanules) pouvant être fermées à l'état jeune, portant dans leur paroi de nombreux tubes polliniques [= *Whittleseyia* NEWBERRY ou *Boulaya* (CARP.) HALLE]. Ovules de grosse taille avec amande, enveloppe ligneuse et grand bec micropylaire (= *Trigonocarpus* BRONGN. et *Pachytesta* BRONGN. ou encore *Dictyotesta* GOTHAN). — Namurien-Permien. — Ex. : *Alethopteris lonchitica* (SCHLOTH.) ZEILLER, Namurien, Westphalien A ; *Lonchopteris rugosa* BRONGN., Westphalien A-B.

3. **Cycloptéridacées = Neuroptéridacées cycloptérinées** : sub-arborescentes. Tige dressée. Frondes de très grande taille munies d'un rachis principal ne portant que des feuilles anormales, très grandes ou *Cyclopteris*; rachis principal se divisant par dichotomie en deux rachis primaires égaux plusieurs fois pennés. Des pennes intercalaires. Pinnules attachées par un seul point (base de la nervure principale), en cœur à la base. Nervures libres ou anastomosées. Organes polliniques (? = *Rhabdocarpus*), considérés comme étant des « grains » jusqu'à ces derniers temps, de forme ovoïde allongée, à l'extrémité des pennes où ils remplacent la pinnule terminale, creux, dans les parois desquels il y a de nombreux tubes polliniques (= *Aulotheca* HALLE et peut-être *Goldenbergia* HALLE et *Codonotheca* SELLARDS). Ovules inconnus, peut-être grands et terminaux comme les organes mâles. — Namurien-Stéphanien. — Ex. : *Imparipteris* (*Neuropteris*) *heterophylla* BRONGN., Westphalien ; *I. (Mixoneura) neuropteroides* GOEP., Stéphanien A-B ; *Reticulopteris* (= *Linopteris pars münsteri* EISCH., Westphalien B-C.

4. **Rachivestitacées = Neuroptéridacées rachivestitées** : sub-arborescentes. Tige dressée. Frondes de très grande taille dont le rachis primaire se divise alternativement à droite et à gauche par pseudo-dichotomies inégales. Pas de pennes intercalaires. Rachis de tous ordres bordés de pinnules, soit de forme presque normale, soit à contour plus ou moins orbiculaire. Pennes terminées par deux pinnules. Pinnules attachées au rachis par un seul point (nervure principale) à la base qui est en forme de cœur. Nervures libres ou anastomosées. Organes mâles en forme de coupe remplie de tubes polliniques longitudinaux séparés (= *Potoniea* ZEIL.). Ovules de taille moyenne avec bec micropylaire (*Hexagonocarpus* RENAULT, *Hexapterospermum* BRONGN.). — Namurien-Permien. — Ex. : *Paripteris* (*Neuropteris*) *gigantea* STERNB., Namurien-Westphalien ; *P. (Neur.) scheuchzeri* HOFFMANN, Westphalien B-C ; *Linopteris* (PRESL p. p.) *neuropteroides* GUTBIER, Westphalien D.

5. **Marioptéridacées** : buissonnantes. Tiges aériennes semi-dressées ou rampantes, flexueuses. Frondes de taille moyenne, soit quadripartites c'est-à-dire divisées en quatre parties par deux dichotomies successives, les rachis d'ordre 1 et 2 étant nus, soit bipartites (rachis primaire nu divisé une seule fois). Pinnules bien développées à limbe large (*Mariopteris*), ou réduites c'est-à-dire à limbe très étroit de chaque côté des nervures (*Tetratnema*).

Organes mâles, ou bien fixés à la partie api-

cale des pinnules sur les nervures et sur leurs prolongements en dehors du limbe, formés de sacs polliniques isolés et disposés en files (*Mariopteris*) ou bien en forme de cupules digitées (*Tetratmema alata*). Fructifications femelles de nature diverse, soit cupules contenant plusieurs ovules de petite taille (*Calathiops bernhardi* = ovules de *Mariopteris* ?), soit cupules renfermant chacune un ovule de petite taille (*Tetratmema alata* et *T. geniculatum*), soit ovules libres en dehors du limbe et ailés (*Dicksonites*). — Namurien-Permien. — Ex. : *Mariopteris latifolia* ZEIL., Westphalien C ; *Tetratmema alata* BRONGN., Westphalien C-D ; *Pseudomariopteris ribeyroni* ZEIL., Stéphanien ; *Dicksonites plückeri* STERZEL, Westphalien D-Stéphanien.

6. *Calliptéridiacées* : sub-arborescentes. Tige dressée. Frondes de très grande taille. Rachis primaires divisés alternativement à droite et à gauche par pseudo-dichotomies inégales, la plus petite étant la penne primaire. Des pennes intercalaires (*Pecopteridium*) ou des pennes et pinnules intercalaires (*Callipteridium*). Inflorescences non connues. Pinnules non décurrentes, arquées vers l'extrémité de la penne. Nervures latérales libres ou anastomosées. — Westphalien-Permien. — Ex. : *Callipteridium pteridium* SCHLOTH., Stéphanien ; *Pecopteridium costei* ZEIL., Stéphanien B-C ; *Palaeoweichselia defrancei* BRONGN., Westphalien D.

7. *Calliptéracées* : sub-arborescentes de petite taille. Dressées. Frondes de petite taille simplement unipennées (bipennées). Des pinnules de forme anormale sur les rachis primaires entre les pennes. Pinnules décurrentes sur le rachis, souvent arquées vers la base de la penne. Limbe large (pécoptéridien) ou divisé (sphénoptéridien). Nervures latérales libres. Inflorescences non connues d'une façon certaine. — Permien. — Ex. : *Callipteris conferta* STERNB., Permien ; *C. mouretii* ZEIL., Permien.

8. *Odontoptéridacées* : sub-arborescentes. Tige dressée. Frondes d'assez grande taille avec un rachis principal ne portant que des pinnules anormales de grande taille et laciniées (*Cyclopteris*), divisé par dichotomie en deux rachis primaires égaux pennés. Parfois des pinnules et des petites pennes intercalaires. Pinnules ordinairement décurrentes attachées par toute leur base souvent élargie. Nervures libres sensiblement toutes de même importance. Fructifications femelles : ovules nus portés à la base des pennes de dernier ordre chez *Odontopteris bourranensis* DOUB. (= *Odontopterocarpus* LOUBIÈRE). Inflorescences mâles inconnues. — Westphalien D Crétacé. — Ex. : *Odontopteris*

reichi-minor sp. (CORSIN), Stéphanien ; *Margaritopteris coemansi* ANDRAE, Westphalien D.

9. *Erémoptéridacées* : sans doute herbacées. Frondes de taille moyenne, peut-être divisées par dichotomies successives. Pinnules d'assez grande taille, sphénoptéridiennes ou effilées lancéolées. Fructifications mâles formées de 5 à 6 sacs polliniques uniloculaires, de très petite taille, groupés en étoile ou en clochette (*Pteridozamites*). Fructifications femelles portées par des pennes spécialisées dont les rachis de dernier ordre sont garnis d'ovules nus du type *Samaropsis* (*Cardiocarpon*) *acuta* (chez *Pteridozamites zamioïdes*). — Westphalien. — Ex. : *Eremopteris* (*Sphenopteris*) *artemisiae-folioides* CRÉPIN, Westphalien C ; *Pteridozamites* (*Sphenopteris*) *zamioïdes* (P. BERTR.), P. CORSIN, Westphalien C.

10. *Glossoptéridacées* : sans doute herbacées. Feuilles entières, linguiformes à limbe bien développé. Nervure principale ou pas de nervure principale. Nervures latérales anastomosées. Fructifications bisexuées portées par les feuilles ? — Permo-Carbonifère-Rhétien. — Ex. : *Glossopteris* (BRONGN.) STERNB., Permo-Carbonifère.

11. *Gigantoptéridacées*. Frondes d'assez grande taille, soit pennées avec pinnules intercalaires, soit larges, ondulées ou dentées à allure de très grande feuille de Dicotylédone (par coalescence des éléments de divers ordres). Nervures soit libres, soit anastomosées. Fructifications femelles : petits ovules nus disposés isolément à la base des pinnules (*Emplectopteris*). — Stéphanien-Permien. — Ex. : *Emplectopteris* (HALLE) (= *Lescuropteris* SCHIMPER), Stéphanien-Permien ; *Gigantopteris nicotianaefolia* SCHENK, Permien.

12. *Taenioptéridacées*. Frondes en général entière et de taille moyenne, à nervure principale très forte, à nervures latérales dichotomes, fines et serrées. Fructifications encore peu connues. — Westphalien-Permien. — Ex. : *Taeniopteris multinervis* WEISS, Permien ; *Lessleya* LESQUEREUX, Stéphanien-Permien.

V. DIPLOPTÉRIDALES (= ARCHAEOPTÉRIDALES PTÉRIDOSPERMÉES). — Frondes simplement pennées ou bifides, à rachis principal bordé de pinnules ou de petites pennes sub-alternes et divisé en deux rachis primaires pennés (*Sphenopteridium*, *Diplopteridium*). Limbe, soit sphénoptéridien et réduit (*Diplopteridium*), soit bien développé (*Sphenopteridium*, *Adiantites*), soit neuroptéridien (*Cardiopteris*, *Cardiopteridium*). Fructifications mâles et femelles (?) portées par des pennes spécialisées situées dans l'angle de dichotomie de la fronde (*Diplopteridium*) ; ovules

en amas (= *Telangium* ? *p. p.* et *Calathiops p. p.*). — Dinantien-Namurien.

1. *Diploptéridacées*. Frondes dichotomes. Pinnules sphénoptéridiennes. Fructifications mâles et femelles portées par des pennes spécialisées situées dans l'angle de la bifurcation (*Calathiops*, *Telangium*). — Dinantien. — Ex. : *Sphenopteridium dissectum* GOEPP., Viséen ; *Diplopteridium affine* LINDLEY et HUTTON, Dinantien.

2. *Adiantitacées*. Frondes probablement simplement pennées. Pinnules sphénoptéridiennes de grande ou de petite taille. Fructifications femelles portées par un long pédoncule inséré à la base des pennes de dernier ordre (*Wardia*). Dinantien-Namurien. — Ex. : *Adiantites antiquus* ETTINGSH., Dinantien ; *Wardia (Aneimites) fertilis* WHITE, Namurien.

3. *Cardioptéridacées*. Frondes probablement

simplement pennées. Pinnules neuroptéridiennes, à contour arrondi, sans nervure principale. Nervures toutes de même importance et dichotomes. — Dinantien-Namurien. — Ex. : *Cardiopteris frondosa-polymorpha* GOEP., Viséen ; *Cardiopteridium spetsbergense* NATHORST, Dinantien.

VI. SPHÉNOSPERMALES (SPHÉNOPTÉRIDALES PTÉRIDOSPERMÉES) = SPHÉNOSPERMACÉES : végétaux connus en empreintes d'après l'appareil végétatif et d'affinités ptéridosperméennes. Herbacés à subarborescents. Frondes multipinnées. Pinnules sphénoptéridiennes de petite taille et lobées. Nervures libres en éventail. — Carbonifère Permien. — Ex. : *Rhodeites* NEMEC, Westphalien supérieur.

Ouvrages consultés.

- ASAMA K. (1959). — Systematic study of so-called *Gigantopteris*. *Sc. Rep. Tohoku Univ.*, Sendai, ser. 2 (Geol.), vol. 31, n° 1.
- CORSIN P. (1955). — Sur les *Pecopteris* et leur position systématique. *Ann. Sc. nat., Botanique*, 11^e sér.
- DANZÉ J. (1956). — Contribution à l'étude des *Sphenopteris*. Les Fougères sphénoptéridiennes du bassin houiller du Nord de la France. *Ét. géol. Atlas Topogr. souter.*, Serv. géol. Houil. Nord et Pas-de-Calais, I. Flore fossile, 2^e fasc.
- DANZÉ-CORSIN P. (1953). — Contribution à l'Étude des Marioptéridées. Les *Mariopteris* du Nord de la France. *Ibid.*, I. Flore fossile, 1^{er} fasc.
- EMBERGER L. (1944). — Les plantes fossiles dans leurs rapports avec les végétaux vivants (Éléments de paléobotanique et de morphologie comparée). Paris, Masson et C^{ie}.
- GOTHAN W. et WEYLAND H. (1954). — *Lehrbuch der Paläobotanik*. Berlin.
- HIRMER M. (1927). — *Handbuch der Paläobotanik*, I. Munich.
- MAGDEFRAU K. (1956). — *Paläobiologie der Pflanzen*. 3^e éd. Iena.
- PLUMSTEAD (1956). — Bisexual fructifications borne on *Glossopteris* leaves from South Africa. *Palaeontographica*, Bd 100, Abt. B. Stuttgart.
- ZIMMERMANN W. (1959). — *Die Phylogenie der Pflanzen*. Stuttgart.

Classification et répartition verticale des Pécoptéridées dans le bassin houiller du Nord de la France

par André DALINVAL *.

Sommaire. — Historique de la définition et de la classification du genre *Pecopteris* ; étude anatomique des différents types de tronc et leurs rapports avec les fructifications ; catalogue, classification et répartition des *Pecopteris* dans le bassin houiller du Nord de la France.

1, HISTORIQUE. — C'est Brongniart qui introduisit pour la première fois le terme *Pecopteris* dans la nomenclature des plantes fossiles. Il le créa en 1822 dans son étude « Sur la classification et la distribution des Végétaux fossiles ». Cette appellation représentait pour lui un des cinq sous-genres du genre *Filicites* dans lequel Schlotheim avait rangé avant lui toutes les plantes fossiles ressemblant aux Fougères. Le type des *Pecopteris* était, pour Brongniart, *Filicites pennæformis*.

Quelques années plus tard, en 1828, Brongniart définit ainsi les *Pecopteris* : « espèces dont la fronde est pinnatifide, à pinnules adhérentes par leur base au rachis, traversées par une nervure médiane et à nervures secondaires pennées ». Cette définition étant assez vague et peu précise, Brongniart réunissait sous le même terme d'authentiques *Pecopteris* et beaucoup d'autres plantes rangées maintenant, pour n'en citer que quelques-unes, parmi les *Alethopteris*, *Mariopteris*, *Corynepteris*, *Pecopteridium* et *Sphenopteris*.

Mais très vite, dès 1849, Brongniart fut obligé, en partie à cause des travaux de Sternberg qui avait classé les plantes fossiles de façon plus rigoureuse, de refaire une diagnose plus précise du terme *Pecopteris* pour l'appliquer seulement à des plantes ayant des « frondes bi- ou tripennées, à pinnules adhérentes entre elles à la base et souvent adhérentes entre elles sur une longueur plus ou moins grande, non décurrentes et chez lesquelles toutes les nervures secondaires, bifurquées ou trifurquées, naissent de la nervure médiane ».

Très tôt également, des échantillons fructifiés de *Pecopteris* furent découverts : furent successivement créés les genres *Asterocarpus*

par Goeppert, *Scoleopteris* par Zenker, *Asterotheca* par Presl qui substitua ce terme à l'*Asterocarpus* de Goeppert, celui-ci désignant déjà d'autres fructifications. Vinrent ensuite les genres *Senftenbergia* de Corda en 1845 puis les genres *Ptychocarpus* et *Dactylothea* décrits respectivement par Weiss et Zeiller.

C'est Schimper qui créa en 1869 la famille des Pécoptéridées. Il y fit entrer, à côté d'authentiques *Pecopteris* tels que *Pecopteris aspera*, *arborescens*, *miltoni*, *pennæformis*, de très nombreuses plantes fossiles classées aujourd'hui dans des genres très différents : je citerai par exemple les *Pecopteris aspidides* appartenant pour la plupart aux Marioptéridées tels que *P. nervosa* et *muricata* (= *M. nervosa* et *muricata*) ; les *Goniopteris-nephrodium* groupant des plantes tertiaires, les *Alethopteris* réunissant de nombreux *Alethopteris* mais aussi des *Cladophlebis* et des plantes du Jurassique ; etc...

Puis Zeiller en 1888 donna une définition précise du genre *Pecopteris* et émit l'hypothèse qu'un certain nombre de ces plantes paraissent avoir été arborescentes et que leurs frondes aux dimensions importantes étaient vraisemblablement portées au sommet de troncs de grande hauteur. Cet auteur fit en outre remarquer que beaucoup de *Pecopteris* « rappelant par le mode de découpe de leurs frondes les Cyathéacées actuelles, compris par Goeppert dans son genre *Cyatheites*, ont été reconnus par leurs fructifications pour des *Marattiacées* ». C'est également Zeiller qui scinda en 1900 les *Pecopteris* en trois groupes principaux : le groupe des *Pecopteris cyathoides* dont le type était *P. cyathea* de Schlotheim, celui des *Pecopteris*

* Note présentée à la séance du 2 mai 1960.

neuropteroides avec, comme chef de file, *P. polymorpha* de Brongniart, enfin le groupe des *Pecopteris unitae* avec comme type *P. unita* de Brongniart.

Plus tard, en 1921, Gothan ne place plus que des Fougères vraies dans la famille des Pécoptéridées qu'il scinde également en trois groupes : les *Eupecopteris*, les *Unitae* et les *Pecopteris plumosa*.

Quant à Kidston, il étudia en 1924 dans sa « Flore carbonifère de Grande-Bretagne » les différentes plantes fossiles qu'il divisa, non pas en familles, mais en genres. Il plaça ainsi dans le genre *Dactylothea* les Végétaux fossiles ayant un feuillage stérile de *Pecopteris* tels que *Dactylothea plumosa*, *D. sturi* (= *P. aspera*).

C'est également Kidston qui donna la définition du genre *Zeilleria*, le plaçant parmi les Fougères à graines. En effet cet auteur avait cru voir au centre des cupules arrivées à maturité une petite protubérance mamelonnée d'où serait tombée une petite graine.

M. le Professeur P. Corsin montra quelques années plus tard que le genre *Zeilleria* désignait bien des fructifications de Fougères vraies et que les synanges vides de leur contenu pouvaient très bien s'étaler en étoile simulant ainsi l'aspect cupuliforme attribué à tort par Kidston à des microsporanges.

Dans le genre *Zeilleria*, Kidston avait fait entrer des espèces se rapportant aussi bien aux Pécoptéridées qu'aux Sphénoptéridées : citons par exemple *Zeilleria delicatula*, *frenzli*, *moravica* appartenant aux Sphénoptéridées et *Zeilleria avoldensis* chez les Pécoptéridées. Cet état de chose s'est maintenu jusqu'en 1956 date à laquelle M. J. Danzé a proposé de réserver désormais le genre *Zeilleria* aux fructifications de Sphénoptéridées. Je reparlerai dans quelques instants de cette question à propos des fructifications de *Pecopteris avoldensis*.

En 1934 parut une note très importante de P. Bertrand dans laquelle cet auteur divisait les *Pecopteris* en deux grands groupes : le groupe des *Senftenbergia* comprenant les *Pecopteris aspera*, *plumosa-dentata*, *pennaeformis* et *volkmanni* et le groupe des *Asterotheca* divisé lui-même en deux sous-groupes principaux : celui des *Pecopteris cyatheoides* et celui des *Pecopteris* se rapprochant de *Pecopteris miltoni* tels que *P. avoldensis*, *saraefolia*, *longifolia*, *polymorpha*, *unita* et *truncata*.

Enfin en 1947, M. le Professeur P. Corsin résuma dans une note à l'Académie ses propres travaux ainsi que ceux de Hirmer et de P. Bertrand. Il y réaffirma que les *Pecopteris* cons-

tituaient un groupe de vraies Fougères et les divisait en deux grandes familles : la famille des Marattiacées, de la sous-classe des Eusporangiales et ayant des fructifications du type *Asterotheca* ou formes dérivées, c'est-à-dire groupées en synanges étoilés et non munis d'un anneau (citons par exemple *Pecopteris miltoni*, *saraefolia*, *polymorpha* et *unita*); la seconde famille étant celle des Schizéacées, de la sous-classe des Leptosporangiales, qui possède des fructifications du type *Senftenbergia* c'est-à-dire sporanges isolés ayant une plaque apicale nettement différenciée du reste du sporange (à cette famille appartiennent *Pecopteris aspera*, *plumosa-dentata*, *pennaeformis* et *volkmanni*).

Dans la même note, M. P. Corsin montrait aussi que d'après l'examen de leurs troncs, qui sont connus à la fois en structure conservée par la silice et sous forme d'empreintes aplaties dans les schistes houillers, tous les *Pecopteris* avaient un port de Fougère arborescente.

2. DIFFÉRENTS TYPES DE TRONCS. — Ces troncs s'appellent des *Psaronius* lorsqu'on peut les observer en structure conservée. Ils sont distiques lorsque les sorties vasculaires s'effectuent suivant deux rangées verticales diamétralement opposées donnant deux rangées de feuilles. Ils sont tétrastiques si ces sorties vasculaires se font suivant quatre génératrices à angle droit, et polystiques si les rangées de feuilles sont attachées tout autour du tronc.

A l'état d'empreintes aplaties ces troncs sont connus sous le nom de *Caulopteris* et *Megaphyton* montrant les mêmes dispositions des feuilles que chez les *Psaronius* polystiques et distiques. M. P. Corsin y ajouta les *Hagiophyton*, troncs à caractères spéciaux. Passons rapidement en revue ces trois genres de troncs et voyons les rapports pouvant exister entre eux et les fructifications de *Pecopteris*.

A) Genre *Caulopteris* LINDLEY et HUTTON. Les *Caulopteris* sont des troncs simples, de forte taille, hauts de 6 à 8 m, présentant de nombreuses cicatrices foliaires proches les unes des autres et disposées en hélice tout autour de lui. Les cicatrices sont allongées verticalement et placées en files longitudinales alternes d'une rangée à l'autre, donnant à l'ensemble une disposition en quinconce correspondant à celle observée chez les *Psaronius* polystiques. M. P. Corsin a montré d'autre part que « la trace vasculaire de *Caulopteris*, qui se referme constamment et qui n'émet à la fois qu'un arc vasculaire médian, montre que le rachis primaire porté par la cicatrice ne se bifurque pas par dichotomie ».

tomie et que, par suite, la fronde reste simple ».

B) Genre *Megaphyton* ARTIS. Dans le genre *Megaphyton*, on observe également des troncs s'élevant d'une seule venue jusqu'à 8 ou 10 m mais qui ne possèdent que deux rangées de grandes cicatrices foliaires diamétralement opposées plus larges que hautes avec coins arrondis. Ces cicatrices sensiblement contiguës ont une disposition alterne d'une rangée à l'autre.

Grâce à M. Corsin nous savons depuis 1947 que « la forme du faisceau vasculaire presque divisé entièrement par un sinus profond, la présence de deux arcs internes symétriques indiquent une dichotomie hâtive du rachis en deux parties égales ». Ceci a été démontré une année plus tard, en 1948, par la découverte d'un échantillon montrant un rachis principal de *Pecopteris* divisé en deux rachis primaires.

Les *Megaphyton* correspondent donc, en structure conservée, aux *Psaronius* distiques.

C) Genre *Hagiophyton* CORSIN. Enfin le genre *Hagiophyton* possède, comme chez les *Megaphyton* deux rangées de cicatrices diamétralement opposées mais éloignées les unes des autres. De plus l'examen de très grandes cicatrices particulièrement bien conservées a permis de constater qu'une seule feuille était fixée sur chacune des cicatrices comme chez les *Caulopteris* : *Hagiophyton* pourrait donc être un *Caulopteris* distique.

Les *Hagiophyton* étaient également de grands troncs, hauts probablement de 8 à 10 m, portant au sommet un bouquet de feuilles au centre desquelles se trouvaient les frondes en vernation. Le reste du tronc laisse voir les cicatrices laissées par la chute des feuilles suivant deux files longitudinales diamétralement opposées. Ces cicatrices s'estompent de plus en plus à mesure que l'on se rapproche de la base et elles finissent par disparaître sous un épais manteau de radicelles qui descendaient le long du tronc et contribuaient ainsi à l'élargir fortement à la base.

3. RAPPORTS ENTRE LES FRUCTIFICATIONS DE *Pecopteris* ET LES DIFFÉRENTS TYPES DE TRONCS. — Ainsi donc sont connus trois types de troncs bien différents appartenant aux *Pecopteris* ; leurs gisements concordent-ils avec les fructifications de *Pecopteris* qu'on leur attribue généralement ? C'est ce que nous allons essayer de voir maintenant.

On sait que les frondes bifurquées appartenant certainement à des *Megaphyton* possédaient un feuillage des types *Pecopteris aspera*

ou *P. plumosa-dentata* et qu'au contraire les *Pecopteris* ayant des fructifications groupées du type *Asterotheca*, ou formes dérivées de ce type, étaient portés par des tiges à rachis simples du genre *Caulopteris*.

Or il semble bien exister une certaine concordance dans le gisement des troncs et des feuilles des différents *Pecopteris* puisque les *Megaphyton* apparaissent beaucoup plus tôt dans le terrain houiller, dans le Westphalien B, peut-être même dans le Westphalien A et sont connus jusqu'au sommet du Stéphanien alors que les *Caulopteris* ne débutent avec certitude qu'au Westphalien D. Or les *Pecopteris* de la section des *Senftenbergia*, qui se perpétueront d'ailleurs jusqu'au sommet du Houiller, ont existé justement plus tôt alors que ceux de la section des *Asterotheca* portés par les *Caulopteris*, s'ils existent déjà plus bas dans la série stratigraphique, ne prolifèrent vraiment qu'à partir du Westphalien D.

4. CLASSIFICATION DES *Pecopteris*. — C'est pourquoi en 1955 M. le Professeur Corsin s'appuyant sur ces dernières données a fait ressortir que tous les *Pecopteris*, qu'ils appartiennent à la section des *Senftenbergia* ou à celle des *Asterotheca* ou formes dérivées, sont des Fougères arborescentes portées par les troncs de *Caulopteris*, *Megaphyton* ou *Hagiophyton* et classées implicitement parmi les Marattiacées ou formes voisines, mais qu'une autre classification existe plaçant certains *Pecopteris* parmi les Schizéacées et d'autres parmi les Marattiacées. M. Corsin a donc proposé de créer l'ordre des *Psaroniales* ou *Pécoptéridales* se plaçant, dans la classe des *Filicineae*, entre les *Marattiales* et les *Filicales*.

Cet ordre comprend ainsi les trois familles suivantes : les Mégaphytinacées, ou *Pecopteris* à sporanges isolées du type *Senftenbergia*, les Cauloptéridacées ou *Pecopteris* à sporanges groupés en synanges (*Asterotheca* ou formes dérivées), enfin les Hagiophytinacées connus actuellement seulement par leurs tiges.

J'ai pu faire entrer dans cette classification presque tous les *Pecopteris* étudiés dans le bassin houiller du Nord de la France grâce à leurs fructifications ou parce que leurs formes stériles montraient suffisamment d'affinités avec d'autres espèces fructifiées.

Seules deux espèces, *Pecopteris stievenardi* DALINVAL 1960 et *Pecopteris simoni* ZEILLER ont dû être laissées à part, leur étude n'ayant pas permis de les rapprocher plutôt des Cauloptéridacées que des Mégaphytinacées.

I. Marattiales → Marattiacées

I. Marattiales → Marattiacées		<i>P. (Senftenbergia) aspera</i> BRONGN. <i>P. (Senftenbergia) plumosa-dentata</i> (ARTIS-BRONGN.) CORSIN <i>P. (Senftenbergia) pennaeformis</i> BRONGN. var. <i>minor</i> DAL. 1960. <i>P. (Senftenbergia) pennaeformis</i> BRONGN. var. <i>major</i> DAL. 1960. <i>P. vedrinei</i> DAL. 1960. <i>P. (Senftenbergia) volkmanni</i> SAUVEUR. <i>P. intermedia</i> P. BERTRAND <i>man. script.</i>	
Filicineae	II. Psaroniales ou Pécoptéridales	1. Mégaphytinacées	
		2. Cauloptéridacées	<i>P. bourozi</i> DAL. 1960. <i>P. (Asterotheca) miltoni</i> ARTIS. <i>P. (Asterotheca) hirsuta</i> DAL. 1960. <i>P. (Asterotheca) dufayi</i> DAL. 1960. <i>P. (Asterotheca) lobulata</i> DAL. 1960 (ex. <i>P. crenulata</i> ZEILLER). <i>P. cf. saraefolia</i> P. BERTRAND. <i>P. prepolyomorpha</i> (BRONGN.). <i>P. precyatheia</i> (SCHLOTH.). <i>P. cf. hemitelioides</i> BRONGN. <i>P. (Bertrandia, ex. Zeilleria pars.) avoldensis</i> STUR.
		3. Espèces d'affinités incertaines en raison de l'absence des fructifications ou de leur mauvais état de conservation :	<i>P. stievenardi</i> DAL. 1960. <i>P. simoni</i> ZEILLER.
		4. Hagiophytinacées : ne sont connus actuellement que par leurs tiges.	
III. Filicales → Schizéacées.			

5. GENRE *Bertrandia* DALINVAL 1960. — Sur ce tableau apparaît également, pour désigner les fructifications de *Pecopteris avoldensis*, le genre *Bertrandia* qui vient se substituer au genre *Zeilleria* employé jusqu'ici.

On doit à Kidston la définition du genre *Zeilleria*. Cet auteur, en 1884, a proposé de nommer ainsi toutes les fructifications groupées et portées à l'extrémité des nervures ou du limbe de plantes qu'il considérait comme étant des Ptéridospermées. Cette manière de voir fut admise également par Zeiller en 1888 tandis que plus tard, en 1915, Carpentier et Depape pensaient plutôt que *Zeilleria* ne représentait qu'une fructification mâle de Ptéridospermée.

C'est en 1927 que M. le Professeur P. Corsin, d'après des observations très précises sur *Pecopteris avoldensis*, a pu affirmer qu'il s'agissait non pas d'une Ptéridospermée mais d'une Fougère vraie, opinion que reprit Gothan en 1941. Ce dernier rangea d'ailleurs en 1954 le genre *Zeilleria* parmi les Fougères eusporangiées et le divisa entre les Sphénoptéridées (*Zeilleria delicatula*, *Z. frenzli* par exemple) et les Pécoptéridées avec *Zeilleria avoldensis*.

Toutes ces discussions et les interprétations assez diverses avancées par les auteurs montrent que le genre *Zeilleria* était, en fait, écartelé entre des genres nettement différents morphologiquement.

C'est pourquoi M. J. Danzé, en 1956, a montré qu'il était tout à fait illogique d'attribuer à ce

genre des fructifications appartenant aussi bien aux *Sphenopteris* herbacés qu'aux *Pecopteris* arborescents. Depuis cette date, le genre *Zeilleria* a donc été réservé aux seules fructifications de *Sphenopteris* portées à l'extrémité des nervures secondaires et à l'extrémité du limbe des pinnules.

C'est ainsi que je fus amené, pour désigner les fructifications de *Pecopteris* portées à l'extrémité du limbe, à créer le genre *Bertrandia*, en hommage au regretté Professeur P. Bertrand dont les nombreux travaux font toujours autorité.

6. PRINCIPAUX AUTEURS AYANT TRAITÉ DES *Pecopteris* DANS LE NORD DE LA FRANCE. — Je voudrais à présent citer les principaux auteurs qui ont spécialement étudié les *Pecopteris* dans le bassin houiller du Nord de la France. Dès 1835, grâce à Brongniart, on connaît trois espèces différentes dans le bassin, ce sont *Pecopteris pennaeformis* var. *minor* DAL. 1960, *P. abbreviata* (= *P. miltoni* ARTIS) et *P. plumosa-dentata* CORSIN. Puis Zeiller, en 1888, apportait une contribution très importante à la connaissance des *Pecopteris* dans notre bassin houiller par l'adjonction de *P. volkmanni* trouvé par Sauveur dans le terrain houiller de Belgique, de *P. simoni* ZEILLER et de *P. aspera* BRONGN., ce dernier découvert pour la première fois par Zeiller à Annoeulin. Cet auteur avait également trouvé une espèce qu'il identifia au *P. crenulata*

de Brongniart mais M. le Professeur Corsin a montré que celui-ci était différent de l'espèce décrite par Zeiller dont les pinnules ne sont pas régulièrement crénelées. Aussi ai-je été amené à débaptiser l'espèce de Zeiller et à l'appeler *Pecopteris lobutala* DAL. 1960 de façon à la différencier nettement du *Pecopteris crenulata* de Brongniart connu notamment dans le Westphalien D du bassin houiller de la Sarre et de la Lorraine.

C'est en 1912 que P. Bertrand a pu étudier avec minutie les fructifications de *Pecopteris pennaeformis* provenant d'échantillons recueillis sur le terril de la fosse Thiers des mines d'Anzin. Cette découverte venait confirmer celle faite par Zeiller quelques années plus tôt d'un échantillon fructifié de *P. pennaeformis* que cet auteur attribuait à *Senftenbergia elegans*. P. Bertrand a montré que, malgré quelques très légères différences, *P. pennaeformis* se classait dans le genre *Senftenbergia* et appartenait très probablement à la même espèce que le *Senftenbergia elegans* de Corda.

P. Bertrand avait également remarqué les différences de forme existant entre les figures de *Pecopteris pennaeformis* représentées par Zeiller dans sa « Flore fossile du bassin houiller de Valenciennes », ce qui l'amena à émettre l'hypothèse qu'il pourrait s'agir de deux espèces distinctes. C'est pourquoi, m'inspirant de cette remarque, ai-je créé, non pas deux espèces, mais deux variétés distinctes de *Pecopteris pennaeformis* : la variété *minor* se cantonnant surtout dans le Westphalien B et la variété *major*, de beaucoup plus grande taille, caractéristique surtout du Westphalien C.

On doit à A. Carpentier la publication d'un important mémoire sur le Carbonifère du Nord de la France, il y décrit en particulier *Pecopteris avoldensis* dont il avait remarqué la grande réduction du limbe autour des nervures et la position des fructifications groupées en synanges de 4 ou de 5 à l'extrémité de ces nervures. Mais cet auteur considérait encore qu'il s'agissait de microspores et classait *P. avoldensis* parmi les Ptéridospermées.

De nombreuses autres espèces étaient également citées dans ce mémoire notamment *Pecopteris miltoni* ARTIS, *P. plumosa-dentata* ainsi que *P. volkmanni* SAUVEUR et *P. pennaeformis* BRONG.

On doit à M. P. Corsin une étude d'ensemble sur la position systématique du *Zeilleria avoldensis* STUR. Il a d'abord montré les différentes fluctuations subies par le genre *Zeilleria* depuis la date de sa création par Kidston en 1884,

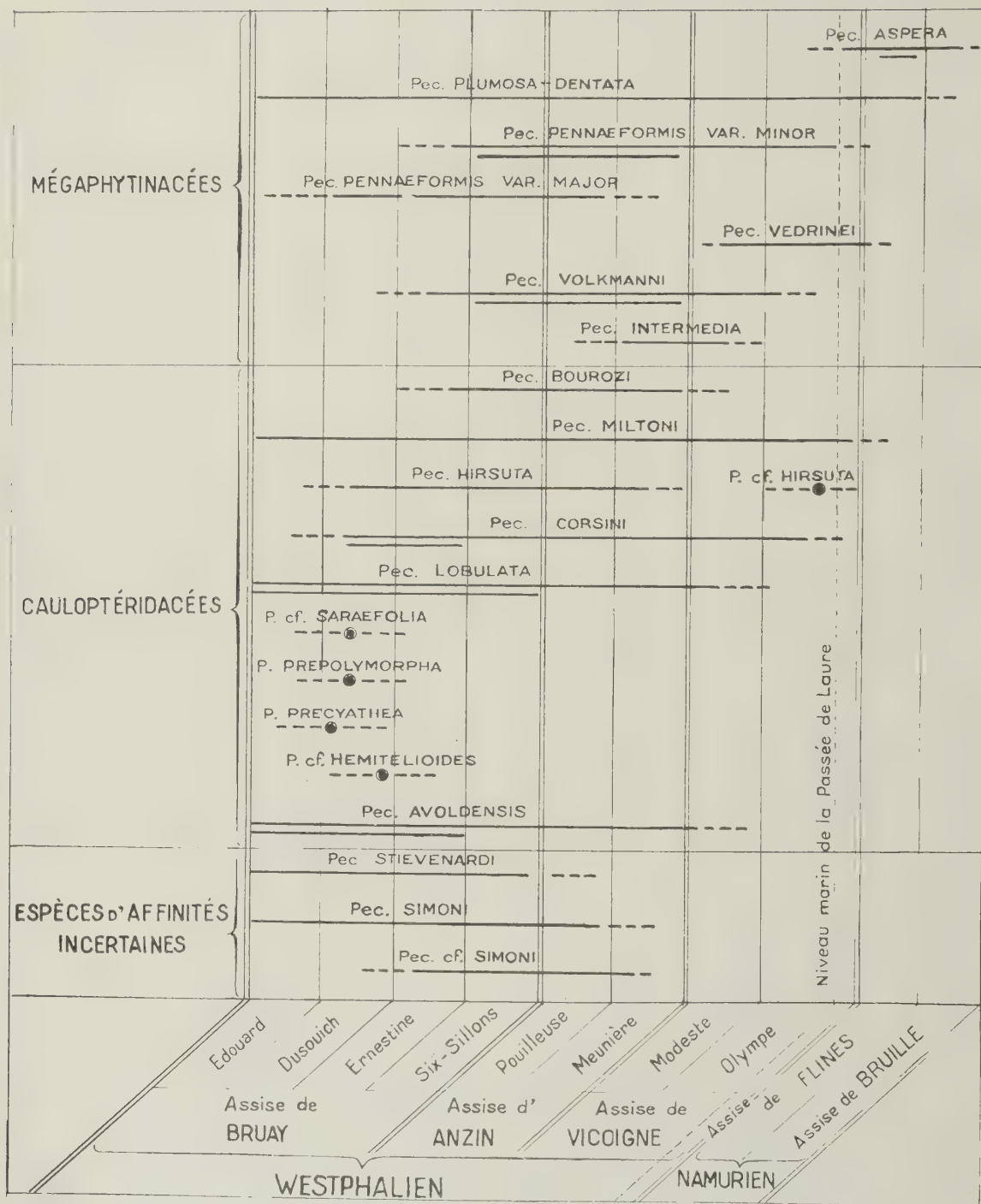
notamment en ce qui concerne son appartenance aux Ptéridospermées ou aux Fougères vraies et a affirmé qu'il s'agissait bien d'une Fougère vraie. Grâce à des observations très précises sur des échantillons fertiles provenant de la fosse n° 4 de Bully-Grenay, il fut amené à rapprocher les fructifications de *Pecopteris avoldensis* de celles de *P. miltoni*, la disposition des sporanges groupés en synanges de 4 ou de 5 étant la même dans les deux cas et la seule différence résidant dans leur mode de fixation sur le limbe des pinnules. En effet on sait que les fructifications de *P. miltoni* sont portées par les nervures secondaires à l'intérieur de ce limbe tandis que chez *P. avoldensis* elles sont fixées à l'extrémité de ces nervures et très souvent à l'extérieur des pinnules ou, tout au moins, sur leur pourtour. Et M. P. Corsin concluait que *P. avoldensis*, étant voisin de *P. miltoni* aussi bien par ses fructifications que par ses pinnules stériles, est bien, comme celui-ci, une Fougère vraie à rapprocher des Marattiales et que l'on devrait trouver « associés à leurs frondes les stipes qui les ont portées et qui étaient probablement analogues aux *Psaronius* ».

Cette dernière hypothèse a reçu confirmation quelques années plus tard lorsqu'en 1954 cet auteur a pu démontrer qu'aux *Asterotheca* et formes dérivées (dont probablement *Bertrandia*) correspondaient de grands troncs arborescents appelés *Caulopteris* tandis que les *Pecopteris* (*Senftenbergia*) étaient portées par des troncs également arborescents appelés *Megaphyton*.

CONCLUSIONS. — La révision des *Pecopteris* du bassin houiller du Nord de la France a permis l'étude de 19 espèces ou variétés dont 11 nouvelles ou inédites dans notre bassin, qui ont été décrites en 1960.

Voyons donc succinctement la répartition stratigraphique de ces *Pecopteris* schématisée sur le tableau 1. Sur ce tableau les espèces trouvées en un seul endroit du bassin sont représentées par un point ; le trait simple indique l'extension maximale de chaque espèce tandis que le trait double marque, pour certaines d'entre elles, la période pendant laquelle elle était particulièrement abondante.

a) Groupe des *Megaphytinacées*. En bas de l'échelle stratigraphique, on trouve dans le Nord de la France le *Pecopteris aspera* qui caractérise surtout l'assise de Flines. Il débute d'ailleurs beaucoup plus tôt car on en connaît des exemplaires dans la partie moyenne de l'assise de Bruille (Namurien inférieur) où A. Bouroz l'a signalé notamment dans le sondage n° 19 de



TABL. 1. — Extension verticale des *Pecopteris* dans le bassin houiller du Nord de la France.

Lire *Pec. dufayi*, au lieu de *Pec. corsini*.

Dourges à 1 270 m de profondeur. Sa période d'apogée se situe dans la partie moyenne et inférieure de l'assise de Flines, son extinction définitive coïncidant probablement avec l'invasion marine de la passée au toit de Laure.

Dès l'assise de Flines apparaissent également les *Pecopteris plumosa-dentata* qui se développeront ensuite pendant toute la durée du Westphalien et même du Stéphanien. Leur découverte offre donc peu d'intérêt lors de la reconnaissance d'un gisement. Par contre les deux variétés de *P. pennaeformis* sont beaucoup plus utiles puisque la variété *minor* s'étend sensiblement de la partie inférieure du faisceau d'Olympe de l'assise de Vicoigne jusqu'à la base du faisceau d'Ernestine de l'assise de Bruay, avec une période d'apogée très nette durant toute la durée du dépôt de l'assise d'Anzin et du faisceau de Six-Sillons (assise de Bruay). Quant à la variété *major*, elle ne prend vraiment beaucoup d'importance que dans l'assise de Bruay. On voit ainsi que l'association des deux variétés de *P. pennaeformis* dans un toit pourrait indiquer une zone encadrant assez largement le niveau marin de Rimbert.

En ce qui concerne *Pecopteris vedrinei*, sa découverte en deux points seulement du bassin au sommet de l'assise de Flines et dans la partie moyenne du faisceau de Modeste de l'assise de Vicoigne, permet d'en faire pour le moment une espèce caractérisant l'assise de Vicoigne.

Avec *Pecopteris volkmanni* nous retrouvons un *Pecopteris* dont l'apparition, la disparition et la période de prolifération coïncident à très peu de chose près avec celles de la variété *minor* de *P. pennaeformis*.

Enfin *Pecopteris intermedia* paraît se cantonner pour le moment (les échantillons examinés étant peu nombreux) aux environs du niveau marin de Poissonnière. On constate ainsi que la présence de ce *Pecopteris* dans un même toit ou dans des toits très voisins avec d'abondants *P. volkmanni* ou *pennaeformis* var. *minor* déterminerait une zone assez précise de l'échelle stratigraphique : le faisceau de Meunière de l'assise d'Anzin.

b) *Groupe des Cauloptéridacées.* *Pecopteris bourozi* n'est pas très abondant dans le bassin du Nord. On le connaît actuellement dans l'assise d'Anzin et il s'étend au moins jusque dans le faisceau d'Ernestine de l'assise de Bruay. Ici encore sa découverte associée à *P. intermedia* indiquerait de façon assez nette le faisceau de Meunière de l'assise d'Anzin.

Avec *Pecopteris miltoni* nous retrouvons une espèce très polymorphe comme *P. plumosa-*

dentata et sans grande valeur stratigraphique puisqu'on la connaît dès le sommet de l'assise de Flines et qu'elle s'étend dans le bassin du Nord et du Pas-de-Calais jusque dans le faisceau d'Édouard du Westphalien C, sa disparition pouvant se situer vers la base du Westphalien D dans le bassin sarro-lorrain.

Pecopteris hirsuta et *P. lobulata* sont deux espèces caractéristiques surtout de l'assise de Bruay. La première est malheureusement assez rare et son extension verticale est encore assez mal définie, le nombre d'échantillons trouvés étant faible. Par contre, *P. lobulata* est particulièrement fréquent dans l'assise de Bruay mais on peut cependant en trouver dès le sommet du faisceau de Modeste de l'assise de Vicoigne.

Un autre *Pecopteris* se rencontre de façon épisodique dès la partie moyenne de l'assise de Vicoigne jusque vers le sommet du faisceau de Dusouich de l'assise de Bruay, il s'agit de *P. dufayi* : c'est surtout dans les faisceaux d'Ernestine et de Dusouich que sa présence a été constatée le plus fréquemment. Associé à *P. lobulata* il caractériserait donc plutôt l'assise de Bruay.

Pecopteris avoldensis est une des espèces-guides dans le bassin du Nord de la France car il est surtout abondant à partir du faisceau d'Ernestine de l'assise de Bruay. Il faut néanmoins remarquer que son apparition est bien antérieure à l'invasion marine de Rimbert puisqu'on en signale quelques exemplaires isolés dès le sommet de l'assise de Vicoigne, mais il semble toutefois qu'il ne proliféra vraiment que dans le Westphalien C.

Citons aussi pour mémoire, leurs gisements se réduisant à un ou deux points sur toute l'étendue du bassin, les *Pecopteris* cf. *saraefolia*, *prepolymorpha*, *precyathea* et cf. *hemitelioides*, ancêtres d'espèces caractérisant le sommet du Westphalien D ou le Stéphanien, qui furent découverts tous dans le faisceau de Dusouich de l'assise de Bruay.

c) *Espèces d'affinités incertaines.* Dans cette catégorie ont été rangés *Pecopteris stievenardi* et *P. simoni*. Le premier connu seulement pour le moment dans l'assise de Bruay serait apparu dans le bassin aussitôt après le dépôt du niveau marin de Rimbert. Quant à *P. simoni*, son extension verticale, basée malheureusement sur un nombre trop restreint d'échantillons, est sensiblement comparable à celle de *P. stievenardi*. Il semble cependant que cette espèce apparaisse un peu plus tôt, dès le faisceau de Pouilleuse de l'assise d'Anzin.

En résumé, le tableau de répartition des espèces ci-dessus ne fait pas apparaître de coupures franches plaçant certains *Pecopteris* dans des limites bien déterminées. Les invasions marines paraissent être restées sans effet sur l'apparition ou la disparition radicale de ces espèces. Il n'en reste pas moins que les périodes d'apogée de quelques *Pecopteris* ou leur association à certains niveaux peuvent donner de précieuses indications quant à la position stra-

tigraphique de terrains traversés lors de l'étude d'un gisement ou du débitage des carottes d'un sondage.

Il me reste à formuler le vœu que d'autres espèces viennent enrichir ce tableau dans les années à venir et concourent ainsi davantage à la connaissance toujours plus parfaite de la paléontologie et de la stratigraphie de notre bassin houiller.

Bibliographie.

- BERTRAND P. (1912). — Note sur un échantillon fructifié de *Pecopteris pennaeformis* du terrain houiller d'Anzin. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. XLI, p. 222-232.
 — (1934). — Observations sur la classification des vrais *Pecopteris*. *C. R. Ac. Sc.*, t. 199, p. 438.
- BOULAY N. (1876). — Le terrain houiller du Nord de la France et ses végétaux fossiles. Lille, Lefebvre-Ducrocq.
- BOUROZ A. (1954). — Contribution à l'étude du Namurien du bassin houiller du Pas-de-Calais, *Ann. Soc. géol. Nord*, t. LXXIV, p. 137-160.
- BRONGNIART A. (1822). — Sur la classification et la distribution des Végétaux fossiles. *Mém. Mus. Hist. nat.*, t. VIII.
 — (1828-1836). — Histoire des Végétaux fossiles.
 — (1849). — Tableau des genres de Végétaux fossiles. *Dict. univ. Hist. nat.*
- CARPENTIER A. (1912). — Note sur un Végétal à structure conservée du bassin houiller de Valenciennes. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. XLI, p. 69-84, pl. III.
 — (1913). — Contribution à l'étude du Carbonifère du Nord de la France. *Mém. Soc. géol. Nord*, t. VII, II.
- CORDA (1845). — Flora der Vorwelt, p. 91.
- CORSIN P. (1927). — Sur la position systématique du *Zeilleria avoldensis* STUR. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. LII, p. 28-36.
 — (1947). — Reconstitution de Pécoptéridées : genres *Caulopteris* LINDL. et HUTTON, *Megaphyton* ARTIS et *Hagiophyton* nov. sp. *Ibid.*, t. LXVII, p. 6-25.
 — (1951). — Bassin houiller de la Sarre et de la Lorraine, I : Flore fossile, 4^e fasc. Pécoptéridées, p. 179. *Ét. Gîtes minéraux France*.
 — (1955). — Position systématique des *Pecopteris*. *C. R. Ac. Sc.*, t. 240, p. 661-663.
- CORSIN P. et DALINVAL A. (1954). — Sur l'attribution des *Megaphyton* et des *Caulopteris* à certain type de *Pecopteris*. *C. R. Ac. Sc.*, t. 239, p. 1529-1531.
- CORSIN P. et GREBER Ch. (1948). — Morphologie de la fronde des *Pecopteris*. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. LXVIII, p. 65-75.
- DANZÉ J. (1956). — Contribution à l'étude des *Sphenopteris*. Les fougères sphénoptéridiennes du bassin houiller du Nord de la France. *Études géol. Atlas Topogr. souter.*, I : Flore fossile, 2^e fasc. Serv. géol. Houil. bas. Nord et Pas-de-Calais.
- GOEPPERT H. R. (1836). — *Syst. filicum foss. Nov. Act. Ac. Leop. Carl.*, p. 188.
- GOTHAN in POTONIÉ (1921). — *Lehrbuch der Palaeobotanik*, p. 92.
- GRAND'EURY (1877). — Flore carbonifère du département de la Loire, Atlas, tableau de végétation B.
 — (1906). — Sur les graines et inflorescences des *Calopteris* BR. *C. R. Ac. Sc.*, vol. CXLIII, p. 664.
- HIRMER M. (1927). — *Handbuch der Palaeobotanik*, pp. 570, 617, 667 et 675.
- KIDSTON R. (1924). — Fossil plants of the carboniferous rocks of Great-Britain, pp. 382, 432, 474 et 479. *Mem. geol. Surv. Gr. Brit.*, Pal., vol. II, part V.
- NEMEJC N. (1940). — The Pecopterides of the coal districts of Bohemia. *Acta Mus. nat. Praguae*, vol. II B, n° 1 (Geol. et Pal.).
- PRESL in CORDA (1845). — Flora der Vorwelt, p. 59.
- SCHIMPER W. P. (1869). — *Traité de Paléontologie végétale*, vol. I, p. 369 et 498.
- SCHLOTHEIM E. F. (1820). — *Die Petrefactenkunde*. Gotha.
- SEWARD A. C. (1910). — Fossil plants, vol. II, p. 346 et suiv., p. 576.
- STERNBERG K. (1825). — Flora der Vorwelt, vol. I, fasc. IV, p. 17.
- WEISS (1869). — Fossil flora der Jüngst. Steink. und Rothl., p. 94.
- ZEILLER R. (1888). — Flore fossile du bassin houiller de Valenciennes, p. 184. *Ét. Gîtes minéraux France*.
 — (1900). — *Éléments de Paléobotanique*, p. 87.
 — (1907). — Sur la flore et sur les niveaux relatifs des sondages houillers de Meurthe-et-Moselle. *C. R. Ac. Sc.*, t. 144, p. 1137.
 — Fructifications de Fougères du Terrain houiller. *Ann. Sc. nat.*, 6^e sér. Bot., vol. XVI, p. 184.
- ZENKER (1837). — Ein neues fossiles Farngewachs mit fructificationen Linnaea, p. 509.

Fructifications sphénoptéridiennes

par Jacques DANZÉ*.

PLANCHE XIV.

Sommaire. — L'étude des plantes houillères provenant des bassins du Nord et de Lorraine a permis de rencontrer des fragments de pennes fertiles appartenant à cinq genres de Ptéridophytes sphénoptéridiennes qui montrent une allure particulière. Les cinq nouvelles espèces correspondantes sont décrites ci-dessous.

L'examen des fructifications de Fougères carbonifères confirme parfaitement la diversité de ces Végétaux : on a d'une part des plantes arborescentes à éléments reproducteurs toujours semblables à eux-mêmes, d'autre part des Végétaux herbacés ou sub-herbacés chez lesquels les sporophytes étaient susceptibles de changements considérables dans leur aspect [Danzé, 1958]. L'étude de quelques échantillons provenant des bassins du Nord, Pas-de-Calais et de Lorraine apporte un nouvel argument à cette différenciation phylogénétique puisque, chez chacune des cinq nouvelles espèces qui sont décrites ci-dessous, on remarque une nette variation dans l'habitus de la fructification qui demeure néanmoins génériquement homogène. Or, il s'agit ici de genres appartenant aux Ptéridophytes carbonifères herbacées, c'est-à-dire au type dit « sphénoptéridien ».

Crossothea minima nov. sp.

Pl. XIV, fig. 1, 1 a, 1 b, 2, 2 a et texte-fig. 1 a et a'.

DIAGNOSE. — « Fougère eusporangiée. Pinnules de très petite taille, dépassant rarement 3 mm de long, au contour subquadrangulaire, avec des bords faiblement ondulés.

Nervation assez forte, nervures secondaires souvent simples.

Pennes triangulaires, très allongées, presque rubanées, à base étroite et aux bords convergeant vers une extrémité pointue.

Axes larges et fibreux, portant une fine striation longitudinale.

Fructifications du type *Crossothea*, petites, avec un plateau circulaire et un pédoncule très court ».

CARACTÈRES GÉNÉRAUX. — 1. *Pinnules.* Les éléments stériles de *Crossothea minima* sont très rares sur les échantillons observés. Néanmoins, on remarque en a, fig. 2 a, Pl. XIV, une pinnule dont la forme est bien caractéristique. Très petite (environ 3 mm de long sur 2 mm de large), elle est assez massive avec un apex élargi qui lui confère un aspect subrectangulaire ; les bords latéraux sont faiblement ondulés.

Vu la rareté des pinnules stériles de *Crossothea minima*, il n'a pas été possible de reconstituer l'évolution ontogénique de cette plante. Cependant, d'après l'allure générale, on peut présumer que ce genre d'évolution est semblable à celui connu chez *Cr. crepini* ZEILLER et *Cr. boulayi* ZEILLER. Le « nombre critique » paraît peu élevé et doit vraisemblablement être égal à 3 ou 4.

2. *Nervation.* Bien visible sur la fig. 2 a, Pl. XIV, la nervation est forte. La nervure principale, large et légèrement ondulée, envoie une nervure secondaire vers chaque lobe. Les nervures secondaires semblent ici, comme sur les autres pinnules examinées, rester le plus souvent simples.

3. *Axes et pennes.* Les axes sont larges et robustes mais d'aspect fibreux, ils rappellent assez leurs homologues de *Cr. schatzlarensis* STUR. Ils portent des stries longitudinales et, en plus, leur écorce est recouverte de très fins plis allongés comme des fibrilles et disposés irrégulièrement. Les raccords entre axes d'ordre différent se font selon des courbes très douces. L'angle d'insertion est voisin de 60°.

Les pennes ont ici une allure tout à fait par-

* Note présentée à la séance du 2 mai 1960.

ticulaire, jamais observée chez les autres espèces de *Crossothea*. Elles sont en effet presque parfaitement triangulaires, mais avec une base très étroite ce qui leur confère un aspect quelque peu rubané. L'extrémité de la penne est pointue. Les penes de dernier ordre sont distantes les unes des autres sur le rachis d'avant dernier ordre et elles ne se recouvrent pas.

4. *Fructifications*. Les fructifications montrent le type *Crossothea* bien accusé (texte-fig. 1 a et a') mais sont exceptionnellement petites. Le pédicelle, large et court (1 mm de long environ), porte un plateau circulaire de 1,5 mm de diamètre. Autour de ce plateau sont disposés les volets; au nombre de 8 à 10, longs de 0,8 à 1 mm et de forme lancéolée. Quand la fructification est encore jeune, les volets, convergeant vers un point, lui donnent une forme de dôme pointu renversé, identique à ce que l'on voit chez *Cr. schatzlarensis* (Pl. XIV, fig. 2 a et texte-fig. 1 a'). A maturité, les volets s'écartent très largement et laissent apparaître les sporanges (Pl. XIV, fig. 1 b et texte-fig. 1 a). Ceux-ci, bien visibles en 1 a, Pl. XIV, sont ovoïdes à allongés, avec une extrémité distale effilée et un apex légèrement arrondi. Il n'a pas été possible de vérifier l'existence du pédicelle des sporanges [Danzé, 1955].

5. *Port*. Les spécimens de *Crossothea minima* étudiés ne permettent qu'une idée tout à fait approximative du port de cette Fougère. Il semble toutefois que l'on ait affaire ici à une espèce nettement plus herbacée que les autres *Crossothea*.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES. — Étant donné la constitution des fructifications, on a ici indiscutablement une plante appartenant au genre *Crossothea*. Or, parmi les espèces connues chez *Crossothea*, aucune ne présente un tel caractère d'exiguité de tous ses éléments. A un coefficient de taille près, on remarque cependant une certaine similitude entre le limbe stérile de *Cr. minima* et celui de *Cr. crepini* tandis que la fructification rappelle celle de *Cr. schatzlarensis*. Mais il ne peut être question d'assimiler ces échantillons à l'une ou l'autre de ces espèces. *Cr. communis* LESQUEREUX (découverte récemment dans le bassin houiller du Nord) est, elle aussi, d'assez faibles dimensions mais la forme tant de son limbe stérile que de ses fructifications empêche toute assimilation. Par conséquent, on arrive à la conclusion qu'il s'agit d'une nouvelle espèce que, vu sa taille, j'ai nommée *Crossothea minima*.

En ce qui concerne sa position systématique,

cette nouvelle *Crossothea* se place évidemment parmi les Crossothécales, famille des Crossothécacées.

ORIGINE ET EXTENSION VERTICALE. — Les échantillons figurés sont immatriculés au Musée houiller de Lille sous les numéros 1207 et 2120 et proviennent respectivement de Valenciennes, fosse Cuvinot, 7^e série, à 250 m, c'est-à-dire de l'assise d'Anzin, faisceau de Meunière, et de Douai, fosse Déjardin, veine A, soit également Westphalien B, faisceau de Meunière. Il est naturellement impossible d'évaluer l'extension verticale de cette espèce, puisque seulement deux échantillons en sont connus. Néanmoins, le niveau dans lequel ils ont été recueillis est certainement un des plus bas parmi ceux où l'on a, jusqu'à présent, trouvé des représentants du genre *Crossothea*.

Myriothea denticulata nov. sp.

Pl. XIV, fig. 3, 3 a et 3 b.

DIAGNOSE. — « Fougère eusporangiée. Pinnules de petite taille, triangulaires à base large, à lobes denticulés. Mode d'évolution homothétique avec un nombre critique égal à 4.

Nervation fine, difficilement visible. Nervures se divisant sous des angles aigus.

Axes droits, moyennement larges, ayant conservé leur relief, portant deux cannelures longitudinales.

Fructifications composées de très nombreux sporanges ovoïdes de grand diamètre (0,6 mm) disposés sans ordre sur la face inférieure des pinnules et la recouvrant complètement. »

CARACTÈRES GÉNÉRAUX. — 1. *Pinnules*. Les pinnules de cette espèce ont une forme générale triangulaire à base large. Les bords, ornés de lobes denticulés et de sinus pointus, convergent vers un apex aigu. La figure 3 a, Pl. XIV montre une penne de dernier ordre qui permet de reconstituer l'évolution ontogénique.

La pinnule peu évoluée (extrémité de la penne) a une allure massive, trapue; attachée au rachis par toute sa base, elle est triangulaire ou subquadrangulaire quand le premier lobe se forme sur le côté catadrome par division de l'apex. Puis un deuxième lobe se crée sur le côté anadrome, tandis que la pinnule s'allonge et que sa base se rétrécit légèrement. Les lobes ainsi formés ne sont pas arrondis mais polygonaux: de triangulaires, ils deviennent denticulés par formation d'une large entaille sur leur bord inférieur, près du sommet. Ils sont

séparés par des sinus fins. La pinnule basilaire de la penne stérile (Pl. XIV, fig. 3 a) montre un stade déjà bien évolué avec trois paires de lobes. Le lobe basilaire catadrome semble plus développé que son homologue anadrome mais, en réalité, la différence doit être faible, compte tenu du fait que les limbes des pinnules se recouvrent assez fortement. Étant donné la profondeur des sinus basilaires à ce stade, il est vraisemblable que ces derniers atteindront la nervure principale au moment où la quatrième paire de lobes se formera. Le nombre critique de l'espèce serait donc 4. Ce type d'évolution homothétique où la pinnule conserve une forme générale identique est assez rare.

2. *Nervation*. Elle est très difficilement observable. Néanmoins, des examens en lumière rasante ont permis de la distinguer. Une nervure principale fine et ondulée émet sous des angles aigus des nervures secondaires qui se divisent à leur tour, toujours sous des angles aigus, pour envoyer une nervure tertiaire dans chacune des dents des lobes. Ce caractère de finesse de nervation semble d'ailleurs commun à toutes les espèces de *Myriothea*.

3. *Axes et penes*. Les axes sont assez forts et rectilignes. Ils ont conservé un relief au-dessus du schiste et ils montrent deux cannelures longitudinales bien nettes.

Les penes sont triangulaires à base large ; elles sont voisines et peuvent même se superposer partiellement.

4. *Fructification*. La fructification (Pl. XIV, fig. 3 a et 3 b) est typique du genre *Myriothea*. Les pinnules fertiles ont un contour qui paraît assez différent de celui de leurs homologues stériles ; cet aspect provient en majeure partie de la présence du grand nombre de sporanges qu'elles portent à leur face inférieure et qui rend impossible l'observation précise de leur forme.

Les sporanges sont ovoïdes, sessiles et disposés sans aucun ordre sur la face inférieure des pinnules fertiles où ils sont étroitement accolés les uns contre les autres. Ils ont environ 0,6 mm de long selon leur plus grand axe. Ils ne montrent pas de traces de couronne ou de calotte apicale.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES. — Seules trois espèces de *Myriothea* sont connues actuellement : *M. desaillyi* ZEILLER, *M. anglica* KIDSTON et *M. monomakhoffi* J. DANZÉ. Aucune de ces trois Fougères ne présente de ressemblances avec le spécimen étudié. En effet, chez aucune d'entre elles le limbe stérile n'a une forme denticulée. Au contraire elles possèdent toutes

les trois des pinnules à lobes arrondis qui ont une évolution ontogénique apicale et non homothétique.

La forme des sporanges est assez voisine de celle observée chez *M. monomakhoffi* mais ils sont ici sensiblement plus petits.

Dans ces conditions et comme l'appartenance de cette plante au genre *Myriothea* est indiscutable, il apparaît normal de créer pour elle une nouvelle espèce que j'appellerai *denticulata* afin de souligner la première apparition d'un limbe stérile denticulé chez les espèces rangées dans le genre *Myriothea*.

Cette nouvelle espèce se range dans la classe de Fougères euporangiées des Urnatoptéridales, famille des Urnatoptéridacées.

ORIGINE ET EXTENSION VERTICALE. — L'échantillon, qui a permis l'identification de cette nouvelle espèce, a été recueilli dans le bassin de Lorraine, au sondage de Bois doré, et à la profondeur de 683,85 m. Il provient d'un niveau situé dans le Westphalien D et, à ma connaissance, représente la première découverte d'une espèce de *Myriothea* dans cette assise.

Stellatheca parvula nov. sp.

Pl. XIV, fig. 4 et 4 a et texte-fig. 1 b et b'.

DIAGNOSE. — « Fougère prototelesporangée. Pinnules petites, de forme générale arrondie ou ovale, attachées par toute leur base à un rachis ailé. Évolution ontogénique de type apical avec un nombre critique égal à 7.

Nervation difficilement observable. Nervure principale large et diffuse, émettant des nervures secondaires généralement simples et en faible nombre.

Axes lisses et relativement flexueux, portant deux cannelures longitudinales non parallèles et faisant entre eux des angles variant entre 70 et 80°.

Pennes régulièrement triangulaires, à base large et extrémité pointue.

Fructification du type *Stellatheca*, constituée par deux files de sores portés à la face inférieure du limbe, parallèlement à la nervure principale. Sores formés par 6 à 9 sporanges fixés sur un réceptacle commun, le plus souvent étroitement accolés en étoile. Sporangies piriformes, montrant une ébauche de calotte apicale et mesurant 0,25 mm de long dans leur plus grande dimension ».

CARACTÈRES GÉNÉRAUX. — 1. *Pinnules*. Les pinnules peu évoluées ont une forme simple,

arrondie et sont attachées au rachis par toute leur base. Leur développement s'effectue essentiellement selon leur longueur. En effet, sur les fig. 4 et 4 a, Pl. XIV, on remarque, à l'extrémité de la penna, des pinnules d'abord subcarrées, puis subrectangulaires, selon le nombre de lobes latéraux. Ces lobes se créent à partir du sommet à la suite d'échancrures formées alternativement sur les côtés inférieur et supérieur (texte-fig. 1 b). C'est le type d'évolution ontogénique dit « apical ». En effet, la largeur de la pinnule ne se modifie que très peu au cours de la croissance et, lorsqu'on observe 5 paires de lobes, les sinus intermédiaires sont pratiquement tous identiques. Ces sinus sont alors peu profonds et assez larges, ce qui donne à l'ensemble l'aspect d'une penna à rachis ailé. En fait, il ne s'agit encore que d'une pinnule moyennement évoluée. Par la suite (base de la penna, Pl. XIV, fig. 4 a) on constate que les lobes s'entaillent eux-mêmes du côté catadrome tandis que les sinus s'approfondissent, les plus inférieurs d'entre eux atteignant la nervure principale lorsque la septième paire de lobes apparaît. Le nombre critique de l'espèce est donc 7. Il est intéressant de noter que les pinnules, quel que soit leur stade, ont des bords externes pratiquement parallèles.

2. *Nervation*. La nervation est très peu nette. On distingue cependant une nervure principale large d'où sont émises des nervures secondaires en très petit nombre et presque toujours simples. L'ensemble de la nervation est très étalé et ramifié sous des angles proches de l'angle droit.

3. *Axes et pennas*. Il n'a pas été possible d'observer des axes d'ordre inférieur à $n-2$. Les rachis de dernier et avant-dernier ordre sont lisses et assez rigides. Ils portent deux cannelures longitudinales qui ne sont pas parallèles mais s'écartent et se rapprochent alternativement. Les ramifications se font selon des angles variant entre 70 et 80°.

Les pennas de dernier ordre peu évoluées ont une forme subrectangulaire consécutive au mode d'évolution de la pinnule. Mais les pinnules inférieures se développant rapidement, ces pennas prennent une forme triangulaire régulière, à base relativement large, terminée par un sommet pointu. Elles sont proches les unes des autres et se recouvrent fréquemment à leur base.

4. *Fructifications*. Les fructifications, portées à la face inférieure des pinnules, sont constituées par des sores disposés de part et d'autre de la nervure principale, à mi-distance entre

cette dernière et le bord du limbe (texte-fig. 1 b). Les sores comprennent de 6 à 9 sporanges disposés en étoile autour d'un réceptacle. Il semble qu'ici il n'y ait pas de sporanges en position centrale. Quand les sores sont jeunes, l'ensemble est presque circulaire mais, au cours du mûrissement, il prend une allure étoilée assez nette qui le rapproche légèrement de *Asterotheca* et même de *Oligocarpia*. Néanmoins, les sporanges portent une ébauche de calotte apicale. Ils sont piriformes, petits et atteignent au maximum 0,25 mm dans leur plus grande dimension (texte-fig. 1 b').

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES. — Comme il vient d'être dit dans le paragraphe précédent, l'allure générale de cette fructification rappelle plus ou moins *Asterotheca* et *Oligocarpia*. Cependant la constitution du sporange empêche toute assimilation avec l'un ou l'autre genre. D'autre part, un tel habitus de sporange n'est connu, au Carbonifère, que chez les genres *Discopteris* et *Stellatheca*. Or *Discopteris* montre des fructifications très différentes de celles-ci et, en plus, aucune de ses espèces ne possède un limbe stérile comparable à celui figuré en 4 et 4 a, Pl. XIV. Dans ces conditions, l'appartenance de cette plante au genre *Stellatheca* est évidente puisque *Stellatheca* est une fructification constituée de façon rigoureusement identique à celle observée ici [Danzé, 1956]. Comme jusqu'à présent *Stellatheca* ne comporte qu'une seule espèce : *St. latiloba* J. DANZÉ, qui possède un limbe de beaucoup plus grande taille et des sporanges également plus importants et en plus grand nombre par sore, il apparaît que l'on a affaire ici à une deuxième espèce de ce genre. Je l'ai dénommée *Stellatheca parvula* à cause de l'exiguité de ses éléments par rapport à ceux de la première espèce déjà déterminée.

Les espèces rangées dans le genre *Stellatheca* se placent parmi les Fougères protolèptosporangées, chez lesquelles on n'observe qu'une ébauche de calotte apicale (texte-fig. 1 b'). De même que le genre carbonifère *Discopteris*, *Stellatheca* a été rapproché des Osmundacées [Danzé, 1956]. *Stellatheca parvula* est donc peut-être un ancêtre des Osmondes actuelles.

ORIGINE. — L'échantillon (Pl. XIV, fig. 4 et 4 a) provient de Bruay, fosse 5 ter, 21^e veine, ce qui correspond à l'assise de Bruay, faisceau de Six-Sillons. D'autres spécimens, qu'il n'a pas été possible de représenter ici, ont été trouvés dans des niveaux voisins. Par conséquent,

il n'est pas possible de donner une opinion au sujet de l'extension verticale de cette espèce qui, jusqu'à présent, semble confinée à la partie inférieure du Westphalien C.

Oligocarpia microscopica nov. sp.

Pl. XIV, fig. 5 et 5 a et texte-fig. 1 c et c'.

DIAGNOSE. — « Fougère leptosporangiée. Pinnules petites, au contour massif, attachées au rachis par toute leur base, plus ou moins allongées avec des côtés faiblement ondulés et un apex arrondi. Évolution ontogénique de type apical.

Nervation forte avec des nervures secondaires simples.

Axes grêles, droits, finement striés longitudinalement, faisant entre eux des angles de l'ordre de 80°.

Pennes de dernier ordre et d'avant-dernier ordre triangulaires, allongées, lancéolées.

Fructifications composées de 4 à 6 sporanges disposés autour d'un réceptacle constitué par une extrémité nervuraire et situé près de la bordure du limbe. Pas de sporange en position centrale. Sporangies portant un anneau formé de deux files de cellules ».

CARACTÈRES GÉNÉRAUX. — 1. *Pinnules*. Le contour exact des pinnules est assez difficilement visible car la finesse du limbe a nui à sa conservation. Leur caractère essentiel réside dans leur taille : 0,5 à 1,5 mm de long. Les pin-

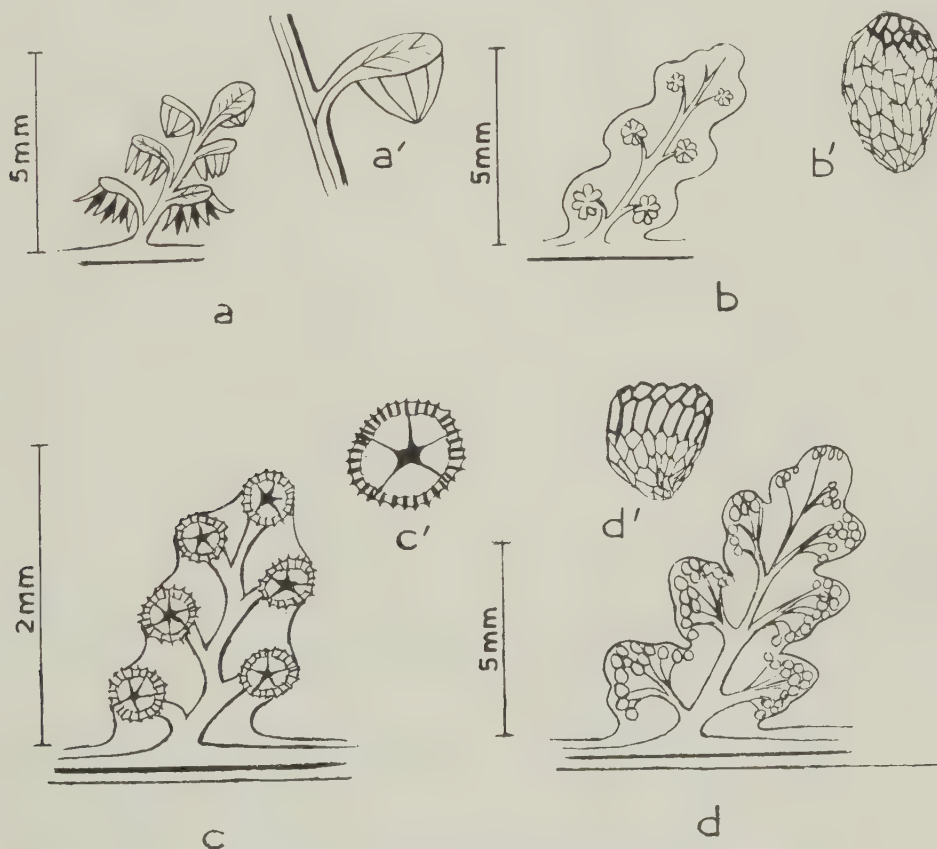


FIG. 1. — Dessins semi-schématiques.

a : *Crossosetheca minima* nov. sp. : ensemble d'une penne de dernier ordre fertile montrant les divers stades du mûrissement (a' : détail d'une fructification encore jeune). — b : *Stellatheca parvula* nov. sp. : aspect caractéristique de la fructification et de la pinnule fertile (b' : détail du sporange ; les cellules apicales anormales sont nettement représentées). — c : *Oligocarpia microscopica* nov. sp. : l'allure circulaire des sores est particuliè-

rement évidente (c' : le grossissement d'un sore montre la position particulière de l'anneau des sporanges et sa constitution). — d : *Dendraena rotundata* nov. sp. : la disposition désordonnée des sporanges est ici bien visible quoiqu'on remarque leur tendance à se rassembler dans l'apex des lobes (d' : un sporange isolé montre un anneau incomplet, formé de deux rangées de cellules).

nules étaient attachées au rachis par toute leur base et avaient une forme massive quand elles étaient peu évoluées. Leur transformation s'effectuait selon le type « apical », c'est-à-dire que la pinnule s'allongeait tandis que sa largeur n'augmentait qu'en de très faibles proportions.

2. *Nervation*. La disparition fréquente du limbe permet de mieux reconnaître la disposition des nervures qui ont subsisté. Une nervure principale forte, émise à partir du rachis sous un angle vif, se divise en nervures secondaires épaisses et droites qui, le plus souvent, demeurent simples.

3. *Axes et pennes*. Les axes de *Oligocarpia microscopica* sont fins et rectilignes ou faiblement ondulés. Ils ont conservé un relief au-dessus du schiste et sont striés longitudinalement par de très légères stries irrégulières. Les rachis de dernier ordre et d'avant-dernier ordre font entre eux des angles atteignant et dépassant 80°.

Les pennes sont triangulaires lancéolées et assez allongées. Elles sont pointues et ne se recouvrent pas (ou très peu) les unes les autres.

4. *Fructifications*. La fructification de cette Fougère ferait, au premier abord, penser à une fructification du genre *Hymenophyllites* GÖRPERT. On observe en effet à l'intérieur du limbe, mais contre le sommet des lobes, des masses parfaitement circulaires, portant à l'extérieur un anneau continu de cellules anormales, c'est-à-dire à parois épaisses (texte-fig. 1 c). En réalité, il y a dans chacun de ces amas 4 à 6 sporanges étroitement accolés et attachés à un réceptacle formé par un renflement nervuraire nettement visible. Aucun sporange ne se trouve en position centrale (texte-fig. 1 c'). Les anneaux des sporanges sont constitués par deux files de cellules ; ils sont infra-équatoriaux et situés environ aux 2/3 de la hauteur totale du sporange (0,20 mm environ). Enfin, il faut noter que ces sores sont disposés en files simples de part et d'autre de la nervure principale.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES. — Cette Fougère présente une fructification typique du genre *Oligocarpia*. Cependant, chez ce genre, il n'existe aucune espèce montrant des éléments de si petite taille (pinnules de 0,5 à 1,5 mm de long), ni des sporanges aussi réduits (0,20 mm). La forme du limbe n'a de rapports qu'avec celle de *O. capitata* LESQUEREUX qui, elle, possède deux rangées de sores de chaque côté de la nervure principale. En ce qui concerne la forme et la composition des sores, elles semblent tout à

fait nouvelles puisque, même dans la révision du genre *Oligocarpia* par Abbott [1954], on ne trouve de traces de sores composés de 4 à 6 sporanges, sans sporanges centraux et disposés en files simples. Dans ces conditions, il est évident que l'on a ici une nouvelle espèce que j'appellerai *Oligocarpia microscopica*.

Il a été démontré [Danzé, 1956] que le genre *Oligocarpia* présentait d'assez nettes affinités avec le genre de Fougère actuelle *Gleichenia*. Dans ces conditions, *Oligocarpia microscopica* doit être rangé parmi les Fougères fossiles leptosporangées, famille des Gleicheniacées.

ORIGINE. — Cette nouvelle espèce de *Oligocarpia* provient du bassin houiller de Lorraine, groupe Sarre et Lorraine ; elle a été recueillie à un niveau qui correspond au Westphalien D (flambants supérieurs, faisceau de Saint-Avold).

Dendraena rotundata nov. sp.

Pl. XIV, fig. 6 et 6 a et texte-fig. 1 d et d'.

DIAGNOSE. — « Fougère leptosporangée. Pinnules à allure massive, au sommet fortement arrondi, avec des bords ondulés, les lobes étant séparés par des sinus larges. Évolution ontogénique apicale, à nombre critique vraisemblablement égal à 5.

Nervation forte, surtout à la base de la nervure principale, qui se réduit rapidement par divisions successives en nervures secondaires et tertiaires très étroites.

Axes rigides, portant de fines et courtes stries disposées irrégulièrement.

Pennes allongées, triangulaires, lancéolées à apex émoussé.

Fructification portée à la face inférieure du limbe et composée de sporanges ovales, sessiles, longs d'environ 0,2 mm, disposés en amas irréguliers et possédant un anneau incomplet formé de deux rangées de cellules ».

CARACTÈRES GÉNÉRAUX. — 1. *Pinnules*. Cette plante n'est connue qu'à l'état fertile. Néanmoins, comme chez le genre *Dendraena* auquel elle appartient, le limbe stérile n'est pratiquement pas différent du limbe fertile, il est possible de recueillir des indications sur la forme des pinnules stériles et sur leur évolution ontogénique. On constate que, peu évoluées, elles ont une forme semi-circulaire presque parfaite, puisqu'elles s'allongent presque perpendiculairement au rachis. En même temps les sinus apparaissent au sommet, alternativement sur

les côtés catadrome et anadrome, et ils déterminent des lobes qui ne se développent que très peu dans le sens perpendiculaire à la nervure principale. Ainsi, la pinnule atteint une grande longueur avant de se transformer en penne (Pl. XIV, fig. 6), ce qui arrive lors de la formation de la cinquième paire de lobes. On a donc ici une évolution ontogénique du type « apical ».

2. *Nervation*. La nervation est assez difficile à observer. Cependant on peut voir Pl. XIV, fig. 6 a les bases des nervures principales qui sont relativement fortes. Mais, rapidement, ces nervures principales se réduisent et leur largeur devient nettement moindre tandis qu'elles émettent les nervures secondaires qui, elles, sont fines, presque invisibles et forment un éventail lâche à l'intérieur de chaque lobe.

3. *Axes et pennes*. Les axes sont étroits, rectilignes et se raccordent les uns aux autres sous des angles pouvant presque atteindre 90°. Ils portent de courtes stries longitudinales alternant sans ordre.

Les pennes de dernier et d'avant-dernier ordre semblent souvent très allongées, triangulaires, à base étroite, légèrement lancéolées à cause de leur extrémité émoussée.

4. *Fructification*. La fructification est assez bien figurée Pl. XIV, fig. 6 a. On y remarque la présence de sporanges leptosporangies relativement gros, piriformes, sessiles et disposés de façon irrégulière sur la face inférieure des pinnules. Ils forment cependant une bordure presque continue tout autour de chaque pinnule, en présentant une concentration au sommet des lobes (texte-fig. 1 d). Les anneaux, incomplets, ne sont discernables que grâce à la zone sombre qu'ils créent. Les sporanges ont une longueur moyenne de 0,2 mm dans leur plus grande dimension. L'anneau est très distinct quand on l'examine au binoculaire (texte-fig. 1 d'). Il est incomplet et formé de deux rangées de cellules sur toute sa longueur. La paroi du sporange est constituée de cellules allongées à paroi fine.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES. — L'individualité du genre de fructification *Dendraena* est

telle qu'on ne peut le comparer à aucun autre. Or, jusqu'à présent, une seule espèce appartenant à ce genre est connue : *D. primatiloba* NEMEJC [Stur, 1885]. Étant donné que cette première espèce possède un limbe stérile denticulé et non pas arrondi et que, d'autre part, ses sporanges sont plus grands que ceux examinés ici, il semble que l'on a affaire à une deuxième espèce du genre *Dendraena*. À cause de la forme de son limbe, je l'appellerai *Dendraena rotundata*.

En ce qui concerne sa position systématique, cette nouvelle espèce présente un complexe d'affinités. En effet, la forme de ses sporanges est réellement très proche de celle qui a été représentée par Kidston pour le genre *Boweria* KIDSTON [1926]. Mais la disposition des sporanges à l'intérieur de la fructification ne ressemble absolument pas à celle de *Boweria*. Elle se rapproche beaucoup plus de ce que l'on peut observer chez des pinnules fertiles de *Discopteris* STUR évoluées, au moment où les sporanges migrent vers les bords du limbe. L'ensemble de ces observations pourrait amener à penser que l'on a, avec *Dendraena rotundata*, un type qui serait intermédiaire entre les Fougères carbonifères protopleto- et leptosporangies. Mais il ne peut s'agir là que d'une hypothèse. En fait, au point de vue de la position systématique de *Dendraena rotundata*, il apparaît normal de rapprocher cette plante des Loxsomacées actuelles, et ceci par l'intermédiaire du genre carbonifère *Boweria*.

ORIGINE. — L'échantillon, qui a permis la création de cette nouvelle espèce de *Dendraena*, provient d'un sondage effectué par le Service géologique des Houillères du bassin du Nord et du Pas-de-Calais : sondage n° 054, à 364 m. Le niveau stratigraphique correspondant est le Westphalien C (assise de Bruay, faisceau de Six-Sillons).

Il s'agit ici de la première découverte en France d'un spécimen appartenant au genre *Dendraena*.

Conclusions.

Ces nouvelles espèces ont un caractère commun assez original : elles sont toutes de plus petite taille que les autres Fougères appartenant aux mêmes genres. Cependant, leur origine tant géographique que stratigraphique ne

peut amener à penser qu'il s'agit là d'une transformation passagère dans un milieu bien défini. En effet, deux d'entre elles proviennent du bassin sarro-lorrain (dans le Westphalien D) et les trois autres ont été recueillies dans le

bassin du Nord de la France (dans le Westphalien B et C). Ces formes « naines » constituent donc une preuve supplémentaire du polymorphisme que pouvaient présenter les Ptéridophytes carbonifères dites « sphénoptéridiennes ». L'exemple le plus frappant en est le genre *Crossothea* qui renferme des espèces parfaitement homogènes mais dont les fructifications peuvent varier entre 1,5 et 12 mm de long, les individus correspondant devant respectivement atteindre 0,50 et 5 m de haut. Cet argument vient s'ajouter à ceux qui se rapportent aux variations de forme de la fructification au cours de son mûrissement.

Cependant *Cr. minima* est, parmi toutes les *Crossothea*, l'espèce qui a été recueillie au niveau

stratigraphique le plus bas. Elle provient de la base du Westphalien B alors que l'on considère généralement ces Fougères comme plus ou moins caractéristiques du Westphalien C inférieur. Dans ces conditions, la petitesse de *Cr. minima* pourrait, jusqu'à un certain point, être interprétée comme un caractère primitif.

L'ensemble de ces observations permet de conclure que les Fougères sphénoptéridiennes constituaient un groupe possédant un potentiel évolutif considérable qui s'est traduit par la probable persistance, jusqu'à nos jours, de *Stellatheca* et de *Oligocarpia* sous la forme de nos actuelles Osmundacées et Gleicheniacées.

Bibliographie.

- ABBOTT M. A. (1954). — Revision of the paleozoic fern genus *Oligocarpia*. *Palaeontographica*, Bd 96, Abt. B.
- DANZÉ J. (1955). — Le genre *Crossothea* ZEILLER. *C. R. Ac. Sc.*, t. 241, p. 1616-1618.
- (1956). — Les Fougères sphénoptéridiennes du bassin houiller du Nord de la France. Thèse, Lille. *Et. géol. Atlas Topogr. souterr.* (Serv. géol. Houil. Nord et Pas-de-Calais), I. Flore fossile, 2^e fasc.
- (1958). — Sur quelques fructifications de Fougères carbonifères. *C. R. IV^e Congr. Stratigr. Géol. Carbonif.*, Heerlen.
- KIDSTON R. (1926). — Fossil plants of the carboniferous rocks of Great-Britain. *Mem. geol. Surv. Great-Britain*, Pal., vol. II, part 5, p. 377-522, pl. XCII-CXXXII.
- STUR D. (1885). — Die Carbonflora der schatzlarer Schichten. *Abh. k. k. geol. Reichsanst.*, Wien, Bd XI, Abt. I.
- ZEILLER R. (1883). — Fructifications de Fougères du terrain houiller. *Ann. Sc. nat., Bot.*, 6^e série, t. XVI, p. 177-209.

LÉGENDE DE LA PLANCHE XIV.

FIG. 1, 1 a et 1 b. — *Crossothea minima* nov. sp. Houillères du bassin du Nord et du Pas-de-Calais (H. B. N. P. C.), groupe de Valenciennes, fosse Cuvinot, 7^e sér. à 250 m. Assise d'Anzin, faisceau de Meunière. Collection : Mus. houiller de Lille (M. H. L.), n° 2120.

1 : penne fertile d'avant-dernier ordre montrant particulièrement bien la forme allongée des pennules de dernier ordre ; $\times 1$. — 1 a : la partie A de la fig. 1 ; les fructifications sont mûres : les volets sont écartés et l'on distingue les sporanges en relief ; $\times 5$. — 1 b : partie B de la fig 1 ; les fructifications sont encore plus mûres qu'en 1 a : les volets sont recourbés vers le « plateau » ; $\times 5$.

FIG. 2 et 2 a. — *Crossothea minima* nov. sp. H. B. N. P. C., groupe de Douai, fosse Déjardin, veine A. Assise d'Anzin, faisceau de Meunière. Collection : M. H. L., n° 1207.

2 : penne partiellement fertile avec des fructifications très peu développées ; $\times 1$. — 2 a : partie A de la fig. 2 ; les fructifications sont encore fermées et ont leur forme en « dôme » pointu renversé ; en a, on peut observer une pinule stérile ; $\times 3$.

FIG. 3, 3 a et 3 b. — *Myriothea denticulata* nov. sp. Houillères du bassin de Lorraine (H. B. L.), sondage de Bois Doré à 683,25 m. Assise : Westphalien D. Collection : M. H. L., S. L. 1307.

3 : des éléments stériles et fertiles sont observables sur ce fragment de schiste ; $\times 1$. — 3 a : partie A de la fig. 3 ; une penne de dernier ordre stérile montre nettement les denticulations des pinnules ; dans la partie inférieure on remarque des éléments partiellement ou totalement fertiles ; $\times 3$. — 3 b : partie B de la fig. 3 ; fragments de pinnules fertiles montrant la disposition des sporanges et la forme de ces derniers ; $\times 7$.

FIG. 4 et 4 a. — *Stellatheca parvula* nov. sp. H. B. N. P. C., groupe de Bruay, fosse 5 ter, 21^e veine. Assise de Bruay, faisceau de Six-Sillons. Collection : M. H. L., n^o 893.

4 : penne d'avant-dernier ordre, fertile, montrant à son extrémité l'allure des pinnules et leur mode d'évolution ontogénique ; $\times 1$. — 4 a : même fig. que 4 ; on observe ici les fructifications : amas stelliformes de sporanges rappelant l'aspect de *Asterothea* ; $\times 3$.

FIG. 5 et 5 a. — *Oligocarpia microscopica* nov. sp. H. B. L., veine Victoria. Assise : Westphalien D, flambants supérieurs, faisceau de Saint-Avoid. Collection : M. H. L., S. L. 1445.

5 : on notera sur ce cliché la taille extrêmement petite des différents éléments ; $\times 1$. — 5 a : partie A de la fig. 5 ; on distingue ici les sores en files simples, presque parfaitement arrondis et, ça et là, on peut voir les anneaux des sporanges ; $\times 5$.

FIG. 6 et 6 a. — *Dendraena rotundata* nov. sp. H. B. N. P. C., sondage 054 à 364 m. Assise de Bruay, faisceau de Six-Sillons. Collection : M. H. L., n^o 2124.

6 : penne fertile d'avant-dernier ordre permettant de dégager l'évolution ontogénique de l'espèce ; $\times 1$. — 6 a : partie A de la fig. 6 ; sur cette extrémité de penne de dernier ordre, on voit les fructifications composées de sporanges annelés épars sans ordre sur le limbe mais s'accumulant préférentiellement dans l'apex des lobes ; $\times 7$.

Sur les flores viséennes du Maroc

par Paule DANZÉ-CORSIN *.

Sommaire. — Rappel historique des découvertes des flores dans le Culm du Maroc. Étude méthodique des gisements viséens de la région de Kasba Ben Ahmed, du Maroc central, du Djebel Bakach et d'El Magnounan. Comparaison des flores viséennes du Maroc avec celles des autres régions : mise en évidence de l'homogénéité de la flore viséenne dans le monde, définition de la « zone à *Lepidodendropsis* ».

Les flores fossiles que l'on rencontre à l'extrême base du Carbonifère dans les régions méridionales d'Europe et en Afrique n'ont généralement pas fait l'objet d'études approfondies car elles ne se composent la plupart du temps que de plantes peu spectaculaires dont l'état fragmentaire rend trop souvent la détermination difficile. Ces Végétaux morcelés se sont en effet déposés dans des eaux toujours très agitées qui n'ont pas favorisé une bonne fossilisation. Il ne subsiste par suite de ces flores du Culm que des fragments plus ou moins grands des éléments les plus importants et les plus résistants. Aussi ont-elles jusqu'ici été peu étudiées et peu figurées et la détermination des plantes qui les composent a souvent été trop vague. Cependant jusqu'en 1930 environ, seules les flores importantes du Culm de la Silésie [Stur, 1877], du Spitzberg [Nathorst, 1894, 1914, 1920] et de Grande-Bretagne [Kidston, 1923 ; Walton, 1926] étaient connues, bien qu'on ait signalé la présence de plantes dans divers autres gisements dinantiens situés plus au Sud [Vaffier, 1901]. Depuis cette date, l'étude de tous les débris végétaux du Viséen a été entreprise dans le monde entier et en particulier au Maroc.

Rappel historique. — Les premières empreintes végétales rencontrées dans le Culm du Maroc qui aient été décrites et figurées [Carpentier, 1930] ont été recueillies par H. Termier en 1927. Elles proviennent de deux gisements situés dans la région de Kasba ben Ahmed qui, par la présence d'une faune caractéristique, ont été rattachés au Viséen et même sans doute au Viséen inférieur [Termier, 1930, 1936]. Depuis cette date, aucune figuration ni description n'ont été données des Végétaux

recueillis dans les très nombreux gisements dinantiens dits « à plantes » que l'on a pu découvrir au Maroc. Après Lecointre [1926], H. Termier, dans son très important mémoire sur le Maroc central et le Moyen Atlas septentrional [1936], signale fréquemment la présence de plantes dans le Dinantien et une particulière abondance de débris végétaux dans le Viséen. Mais s'il détermine spécifiquement plusieurs plantes, il n'en figure qu'une seule dans son atlas : *Asterocalamites scrobiculatus* SCHLOTHEIM. Cependant, grâce aux importantes découvertes de Végétaux effectuées par G. Cogne [1957] d'une part ainsi que par G. Choubert et A. Faure-Muret d'autre part dans des couches dinantiennes situées au S de Rabat, les connaissances floristiques de cet étage viennent récemment de s'approfondir et les nombreux échantillons qu'ils ont bien voulu m'envoyer m'ont permis de préciser la végétation qui couvrait les terres émergées au Maroc durant la période viséenne. C'est le résultat de ces études que je vais exposer ici.

Comme je ne possède pas de document qui me permette de mettre au point la flore tournaisienne du Maroc, je ne parlerai pas des Végétaux rencontrés à l'extrême base du Carbonifère. D'ailleurs ils sont peu nombreux et ce ne sont que des débris qui, souvent, accompagnent une faune marine. Il semble donc qu'au Tournaisien, il n'y ait pas eu au Maroc de vraies flores continentales importantes et que les quelques plantes fossiles recueillies à cet étage ne témoignent que d'influences continentales dans des milieux plus ou moins marins. Si la presque totalité du Maroc était exondée au Tournaisien ainsi

* Note présentée à la séance du 2 mai 1960.

que le pense Termier, il est cependant vraisemblable, étant données l'absence de flore importante et la présence d'une florule dans des couches marines, que les terres étaient alors peu émergées et jouissaient d'un régime complexe.

FLORES VISÉENNES DU MAROC. — Le Viséen occupe, dans le Maroc central, une importante superficie qui couvre toute la région située immédiatement au S de Rabat et de Casablanca pour s'étendre jusqu'au plateau des Phosphates et au Causse moyen-atlassique. H. Termier, qui lui attribue une surface de 7 000 km² [1936, p. 436], y a étudié en détail un grand nombre d'affleurements et il a pu ainsi y distinguer dix-sept régions qui présentent toutes des caractères particuliers et montrent par suite des intérêts stratigraphiques certains. Aucune d'entre elles toutefois ne présente d'affleurement type dont les autres ne seraient que des variations latérales. Aucune d'entre elles non plus n'offre une parfaite coupe totale du Viséen. Cependant, grâce à la richesse de tous ces gisements en fossiles caractéristiques, H. Termier a pu le plus souvent rattacher ces régions stratigraphiques au Viséen inférieur, moyen ou supérieur. Si l'on considère maintenant la flore fossile recueillie dans ce Viséen, on voit que ces dix-sept régions se sont révélées riches non seulement en faune mais également en flore. Termier y signale en effet, en de multiples points, la présence d'un plus ou moins grand nombre de débris de plantes. Malheureusement, il en donne rarement la détermination exacte car il n'a pas entrepris dans son important travail une étude systématique des flores rencontrées, flores qui, le plus souvent, ne montraient d'ailleurs qu'un intérêt purement paléobotanique puisque, grâce à la faune, les couches étaient bien datées. D'autre part, il est bien évident aussi que les plantes recueillies ne présentaient pas, la plupart du temps, de caractères suffisamment nets pour permettre une détermination rapide et que, dans ces conditions, il était nécessaire de faire une exploration approfondie et systématique des gisements pour en connaître les caractères floristiques précis. En résumé, on voit donc que la présence presque constante de plantes dans le Viséen marocain apporte la preuve d'un faciès néritique mais que celles-ci, bien que nombreuses, sont souvent peu déterminables.

A) *Flore viséenne de la région de Kasba Ben Ahmed*. Le seul gisement qui semble avoir fourni à H. Termier un ensemble de Végétaux susceptibles d'être étudiés se situe aux environs

de Sidi Sebâa, au N de Kasba ben Ahmed. Cette flore a été décrite et figurée par Carpentier qui y a déterminé les plantes suivantes [1930, p. 6-15] :

cf. Archaeosigillaria sp., *cf. Sigillaria sp.*, *Syringodendron*, *Lepidodendron* ou *Sigillaria*, *Knorria* (sigillarioïde), *Lepidodendron cf. veltheimi* STERNB., *Arctodendron aff. corrugatum* DAWSON, Épi de Calamariée ?

Il s'agit donc là d'une flore composée principalement de Lépidophytes parmi lesquelles on rencontre non seulement de vrais Lépidodendrons (*L. cf. veltheimi*), mais également des Sigillaires. Si ces Sigillaires sont difficilement déterminables spécifiquement, leur présence dans ce gisement est particulièrement intéressante car le genre *Sigillaria* est très peu représenté au Dinantien où on ne voit que ses premiers représentants. Or, comme la faune recueillie dans les grauweekes, auxquelles sont subordonnés les schistes gréseux qui contiennent les plantes citées précédemment, montre un ensemble d'espèces caractéristiques du Viséen inférieur (en particulier *Productus semireticulatus* MARTIN), il est indiscutable que cette flore appartienne également au Viséen inférieur. Les Sigillaires qui y sont rencontrées sont donc probablement parmi les plus anciennes vraies Sigillaires connues. A côté de ces plantes dont les caractères lépidophytiques sont déjà suffisamment évolués pour montrer des coussinets et cicatrices foliaires en disposition spiralée autour du tronc, on peut encore noter une Lépidophyte que Carpentier n'a pu déterminer avec précision. C'est celle qu'il désigne à plusieurs reprises sous le nom de « *Lepidodendron* ou *Arctodendron* » et qui est figurée en 3, pl. I ou 3, pl. III de son œuvre [1930]. Là on voit des fragments de tiges recouverts de coussinets foliaires de petite taille, losangiques, à extrémités inférieure et supérieure effilées, sensiblement contigus et disposés selon un ordre verticillé parfait. Ces caractères sont ceux du genre *Lepidodendropsis* qui a été créé par Lutz quelques années plus tard [1933]. Bien qu'il me soit difficile d'observer les autres caractères distinctifs de ce genre (et surtout l'absence de cicatrice foliaire), je pense que ces plantes, étant données la forme hexagonale et la petite taille de leurs coussinets, se rattachent plus au genre *Lepidodendropsis* qu'au genre *Prelepidodendron* qui montre aussi une disposition verticillée de ses coussinets mais dont les éléments caractéristiques sont de taille nettement supérieure. Dans ces conditions, c'est à *Lepidodendropsis hirméri* qu'appartiennent à mon avis les plantes

figurées en 3, pl. I, 3, pl. III et peut-être aussi 3, pl. II. Il me semble, en effet, que cette dernière figure représente plus un rameau feuillu de *Lepidodendropsis* qu'un épi de Calamariée. C'est d'ailleurs ce que laisse aussi supposer Carpentier en émettant la possibilité que cette empreinte, bien que comparable par son aspect extérieur à *Huttonia carinata* GERMAR, puisse appartenir « à quelque *Lepidodendrée* (?) du groupe *Lepidodendron* ? *corrugatum* ou du genre *Arctodendron* ». Dans ce cas, la présence de plantes articulées dans le gisement des environs de Sidi Sebâa est peu certaine. Toutefois lorsqu'on examine la liste de fossiles recueillis dans des couches immédiatement supérieures à ce gisement, c'est-à-dire dans la barre de quartzites associés à des grauweekes du lieu dit Ain Laguob [Termier, 1936, p. 447], on voit qu'il y a été cependant recueilli *Asterocalamites scrobiculatus* SCHLOTH. qui est certainement l'Articulale typique du Dinantien.

En dehors de ces Lépidophytes et Arthrophytes, Carpentier [1930, pl. VI, fig. 2 et 3] figure encore des rachis qui appartiennent certainement à des Ptéridophytes ou Ptéridospermophytes, car ils montrent une surface finement striée longitudinalement avec barres transversales inégales et en relief, c'est-à-dire qu'on y trouve les caractères typiques des rachis de *Sphenopteridium* par exemple. On peut donc penser qu'il existait également, en association avec ces Lépidophytes diverses, un certain nombre de plantes à feuilles de Fougères dont les frondes n'ont pas été conservées à la fossilisation, par suite de la macération trop forte de leurs tissus.

En conclusion, ce gisement daté viséen par sa faune, qui se situe sur une coupe de la rive gauche de l'Oued Zemrine, a fourni une flore elle aussi purement viséenne dans laquelle on retrouve en particulier la grande abondance de Lépidophytes typiques du Culm.

Carpentier, dans le même travail [1930], a encore décrit et figuré une plante recueillie dans les quartzites du Djebel M'Tiret, c'est-à-dire dans des couches que Termier désigne sous le nom global de schistes inférieurs, et qui se situent immédiatement en dessous du complexe quartzites-grauweekes dans lequel a été rencontrée la flore précédente. Il s'agit de *Sigillaria aff. schlotheimiana* BRONGN. qui, ainsi que le dit Carpentier, est l'une des plus anciennes Sigillaires que l'on connaisse, puisqu'elle se situe à l'extrême base du Viséen.

B) *Végétaux signalés par H. Termier dans le Viséen du Maroc central*. Aucune des autres

plantes signalées dans les couches viséennes du Maroc par Termier et dont certaines ont été déterminées par Carpentier, n'ont été figurées, à l'exception d'un fragment d'*Asterocalamites scrobiculatus* SCHLOTH. [Termier, 1936, t. III, pl. XVII, fig. 11] recueilli dans les grès de Dechra Braksa. Néanmoins, la présence de cette plante a été reconnue par Termier en de multiples points du Viséen et en particulier du Viséen supérieur. C'est ainsi qu'il cite cette Arthrophyte primitive dans les couches viséennes rencontrées dans la région d'Aguelmous (S du Djebel Fedj), aux environs de Ziar et de Khenifra (Bou Moussa), dans le Djebel Teggert (Kasba-Aït-Azzou, Kasba-Aït-Hammou), dans les régions de Dechra-Aït-Abdallah (Tafern Ouairme), de Bou-l'Bac et d'Ichou-Mellal, sur les rives droites des Oueds Tigrigra et Adarouch, dans les régions d'Oulmès et de Marchand-Mergaza. *Asterocalamites scrobiculatus*, en conclusion, abonde un peu partout dans le Viséen supérieur du Maroc central, tandis qu'elle semble un peu plus rare à la base de cet étage.

Outre ce genre précurseur des Arthrophytes qu'est *Asterocalamites scrobiculatus*, Termier indique aussi dans les couches viséennes qu'il a étudiées la présence de vraies Calamites qu'il ne nomme pourtant pas spécifiquement (région de Ziar, de Bou-l'Bac, vallée de l'Oued Grou) et aussi, d'après une détermination de Carpentier, d'une Calamite du groupe de *Calamites cisti* BRONGN. (Ichou-Mellal).

En plusieurs points de ce Viséen, Termier signale d'autre part l'existence de quelques Lépidophytes qu'il rattache aux genres *Lepidodendron* (région du haut Oued Beth) ou *Bothrodendron* (région de Sidi-Sebâa) ou encore beaucoup plus vaguement au grand groupe des Lépidodendrées. Des formes knorrioïdes de ces plantes sont également signalées en plusieurs endroits. Enfin des *Stigmaria* ont parfois été recueillis. Mais il ne semble toutefois pas que les gisements viséens exploités par Termier aient été particulièrement riches en Lépidophytes comme c'est le cas de beaucoup de gisements continentaux de cet étage. En effet ces Végétaux, même très fortement macérés et par suite indéterminables, laissent toujours des empreintes que l'on peut reconnaître grossièrement.

Dans les listes de fossiles recueillis par Termier figurent encore quelques Cordaïtes qui ne sont pas déterminées spécifiquement (région de Khenifra, du Djebel Teggert, d'Oulmès). Enfin, la présence de Ptéridophytes ou Ptéridospermophytes dans ce Viséen marocain est

certaine puisque des rachis de ces plantes ont été plusieurs fois rencontrés mais, toujours d'après Termier, seul un échantillon de *Sphenopteris* y a été reconnu dans la région de Kasba ben Ahmed.

Si l'on a souvent observé des Végétaux dans le Viséen du Maroc, bien peu ont donc pu être déterminés spécifiquement et même génériquement. Jusqu'à ces temps derniers, cette flore viséenne semblait par suite très pauvre en éléments déterminables représentatifs et seulement constituée d'*Asterocalamites scrobiculatus* en association avec quelques Sigillaires et Lépidodendrons primitifs.

La découverte de Végétaux dans deux gisements situés immédiatement au S de Rabat est cependant venue prouver l'existence d'une flore importante au Maroc durant la période viséenne. Ces deux gisements, dénués de toute faune, n'ont pu être datés que par les plantes qui y ont été recueillies et appartiennent sans nul doute au Viséen ainsi qu'en témoigne la flore dont je vais donner un bref aperçu ici. Ils n'avaient pas été signalés par Termier qui s'est plus attaché à l'étude du Maroc central qu'à celle de cette zone côtière (Chaouia).

C) *Flore viséenne du Djebel Bakach*. Le gisement du Djebel Bakach se situe dans les conglomérats du bas Oued Bou Regreg au N de la zone plissée dite de l'Oued Akrech. Les plantes fossiles qui y ont été recueillies sont nombreuses et diverses puisqu'elles appartiennent aux Psilophytes, Lépidophytes, Arthrophytes et Archaeoptéridales. Ce sont [Cogney et Danzé-Corsin, 1960] :

Hostimella sp., *Taeniocrada* sp., *Prelepidodendron rhomboidale* P. DANZÉ, *Lepidodendron* sp., *Lepidodendropsis hirmeri* LUTZ, *Sublepidodendron kidstoni* NATH., *S. elongatus* P. DANZÉ, *S. striatus* P. DANZÉ, *S. arthrophytoïdes* P. DANZÉ, *Asterocalamites* cf. *scrobiculatus* SCHLOTH., *Sphenopteridium dissectum* GÖPPERT, *Triphylopteris* cf. *collombiana* SCHIMPER, *Rhacopteris* sp.

Le principal intérêt de leur découverte a d'abord été de pouvoir rapporter à l'étage Viséen les conglomérats rubéfiés du Bas Oued Bou Regreg qui, faute de fossiles animaux, n'avaient pu être datés par G. Cogney [1957] avec toute certitude. En effet si l'on trouve dans cette flore des Végétaux à affinités psilophytiques dont, jusqu'à présent, l'extension dépasse à peine le Dévonien (*Hostimella*, *Taeniocrada*), la majorité des plantes rencontrées est typique du Dinantien. C'est ainsi que l'on note au Djebel Bakach la présence de ces nombreuses formes lépidodendroïdes du Culm qui peuvent se ranger parmi les genres *Prelepidodendron*, *Lepi-*

dodendron, *Lepidodendropsis* ou *Sublepidodendron* et dont l'aspect général, on le verra par la suite, est caractéristique de cet étage. Entre autres, on relève la présence dans cette flore de nombreux spécimens appartenant à plusieurs espèces de *Sublepidodendron*. Or ce genre, qui est particulièrement fréquent dans la flore du Culm du Spitzberg, ne dépasse pas le sommet du Dinantien et n'a pas, jusqu'ici, été rencontré au Dévonien. D'autre part, *Lepidodendropsis hirmeri*, qui figure également parmi les Végétaux recueillis, est une plante relativement commune du Culm puisqu'on l'y a reconnue dans de nombreuses régions du monde sans qu'elle ait jamais été signalée en dehors de cet étage. Mais ces Lépidophytes qui fixent indiscutablement l'âge dinantien du gisement ne permettent pas une distinction précise entre la partie inférieure (= Tournaisien) ou la partie supérieure (= Viséen) de cet étage. Par contre, si les Archaeoptéridales recueillies sont purement dinantiennes, l'une d'elles (*Sphenopteridium dissectum*) est particulièrement fréquente au Viséen et même au Viséen inférieur. C'est d'ailleurs également dans les mêmes assises que l'on rencontre le plus souvent le genre *Rhacopteris*. Enfin, l'*Asterocalamites scrobiculatus*, qui semble avoir été particulièrement abondant dans ce gisement, se localise le plus fréquemment dans le Viséen bien que sa présence puisse être reconnue dès la base du Carbonifère jusqu'au Namurien. La présence au Djebel Bakach de *Sphenopteridium dissectum* et d'un *Rhacopteris* en association avec *Asterocalamites scrobiculatus* a donc amené à limiter à la période viséenne l'âge de ce gisement.

L'intérêt floristique pur n'est pas moins certain. D'abord en ce qu'il s'agit des formes psilophytiques recueillies, il est bien évident que leur présence dans cette flore surprend. Ces rachis fins, dont les seuls caractères sont d'être nus et dichotomes, présentent l'aspect typique des axes de Psilophytes dévoniennes, bien qu'elles se trouvent accompagnées par un ensemble purement dinantien. Il faut donc penser que la disparition des Psilophytes n'a pas toujours été brutale et immédiatement définitive et que quelques vestiges de ces plantes en voie d'extinction ont pu persister jusqu'à la base du Carbonifère.

Les Lépidophytes sont abondantes dans le gisement du Djebel Bakach mais elles se présentent trop souvent sous des formes knorrioïdes ou aspidiarioïdes qui rendent difficile la détermination. D'autre part, ces Végétaux dont

la taille était assez importante se sont trouvés broyés et morcelés à la fossilisation et leur aspect s'en trouve amoindri. Néanmoins il est intéressant de noter que les vrais Lépidodendrons y sont bien rares et que, par contre, on y rencontre une abondance particulière de Lépidophytes à petits coussinets se rattachant aux genres *Sublepidodendron* ou *Lepidodendropsis*. En outre, plusieurs de ces Lépidophytes présentent une disposition verticillée de leurs coussinets foliaires : c'est le cas de formes appartenant aux genres *Prelepidodendron* et *Lepidodendropsis*. Il semble donc, d'après ces remarques, que les Lépidophytes ayant peuplé la région du Djebel Bakach n'y ont pas trouvé une ambiance qui ait favorisé leur développement, c'est ce qui expliquerait la réduction des éléments distinctifs des *Sublepidodendron* et aussi l'état verticillé des feuilles des *Prelepidodendron* et *Lepidodendropsis* dont la croissance des axes n'a pas été assez rapide pour amener la formation de spirales. Ainsi que je l'ai déjà dit [Danzé-Corsin, 1958], je pense que ces deux derniers genres sont les précurseurs des Lépidophytes dont l'épanouissement total ne s'est révélé que durant la période westphalienne.

Les Arthrophytes sont représentées dans le gisement du Djebel Bakach par le seul genre *Asterocalamites* dont de nombreux exemplaires sont recueillis dans tout le Carbonifère inférieur.

Enfin, les Archaeoptéridales du gisement du Djebel Bakach sont bien peu représentatives. Leur état fragmentaire gêne trop souvent la détermination et n'amène aucune connaissance nouvelle au sujet de ces plantes particulièrement intéressantes stratigraphiquement.

D) *Flore viséenne du gisement d'El Magnounan*. Le deuxième gisement étudié se situe un peu plus au Sud, en bordure de l'Oued Khorifla, près d'El Magnounan, à l'E d'Aïn el Aouda. Il a été exploré par G. Choubert et A. Faure-Muret en 1957 mais l'examen approfondi de sa flore vient seulement d'être terminé [Danzé-Corsin, 1960]. Comme le précédent, le gisement d'El Magnounan s'est montré particulièrement pauvre en fossiles animaux et cette absence de faune avait primitivement amené G. Choubert à fixer aux formations du type flysch qui y sont rencontrées un âge dévono-carbonifère, sans pouvoir définir s'il s'agissait du Dévonien supérieur ou du Dinantien. L'étude des plantes recueillies dans les barres gréseuses contenues dans ce flysch et qui affleurent près d'El Magnounan a cependant permis de dater avec plus de précision ce gisement qui appartient sans nul

doute au Dinantien, et selon toute vraisemblance au Viséen. Parmi les nombreux échantillons qui m'ont été envoyés, j'ai en effet pu déterminer [Danzé-Corsin, 1960] :

Lepidodendron cf. *veltheimi* STERNB., *L. spetsbergense* NATH., *Lepidodendropsis hirmeri* LUTZ, ? *L. cyclostigmatoides* JONGMANS, GOTHAN et DARRAH, *Sublepidodendron arthrophytoïdes* P. DANZÉ, *Lepidostrobus* sp., *Asterocalamites scrobiculatus* SCHLOTH., ? *Pseudobornia* sp., *Aulacopteris* sp., *Cordaites* sp.

L'abondance de Lépidophytes dans cette flore ne permet pas l'éventualité d'envisager son appartenance à la période dévonienne puisque, au Dévonien même supérieur, ces plantes sont excessivement rares : on n'y rencontre en effet que quelques formes lépidophytiques très primitives dont les caractères sont à la fois lépidodendroïdes et sigillarioïdes (*Helenia* ZALESSKY, *Amadokia* ZALESSKY). Par contre ici, les Lépidophytes recueillies montrent des aspects typiquement lépidodendroïdes et, parmi elles, figurent des plantes se rattachant aux genres *Lepidodendropsis* et *Sublepidodendron* qui sont caractéristiques du Culm ainsi que je l'ai déjà dit. Quant à *Lepidodendron veltheimi*, on peut le rencontrer jusqu'à la base du Houiller et son extension stratigraphique est plus importante, mais c'est néanmoins une plante particulièrement fréquente dans le Culm, surtout au Spitzberg [Nathorst, 1894, 1914] et en Silésie [Stur, 1877]. Il est donc indiscutable que le gisement d'El Magnounan est Dinantien.

Parmi les autres Végétaux déterminables, seul *Asterocalamites scrobiculatus* présente un certain intérêt : on peut le rencontrer en effet du Tournaisien jusqu'au Namurien, bien qu'il soit surtout abondant au Viséen. Aucune Ptéridophyte ou Ptéridospermophyte déterminable n'a été recueillie au gisement d'El Magnounan mais la présence de débris plus ou moins grands de rachis leur appartenant montre qu'il devait en figurer dans cette flore. Sans doute ont-elles mal supporté, elles aussi, la macération et le broyage subis au cours de la fossilisation.

En conclusion, il est plus difficile de se prononcer sur l'âge exact de ce gisement (Tournaisien ou Viséen) que dans le cas précédent, car la flore qu'on y a recueillie est presque entièrement constituée de Lépidophytes et que, seules, les plantes à feuilles de Fougères montrent une extension verticale strictement limitée à l'une ou l'autre de ces formations. Néanmoins, je pense pouvoir dire qu'il s'agit à El Magnounan d'un gisement viséen pour deux raisons :

1) les Lépidophytes y sont particulièrement

nombreuses et variées, ce qui prouve un développement déjà considérable de ces plantes qu'on ne trouve généralement pas au Tournaisien ;

2) *Asterocalamites scrobiculatus* est assez rare au Tournaisien, mais très fréquent au Viséen et il est représenté ici par un très grand nombre d'échantillons.

CONCLUSIONS. — A) *Examen général des flores viséennes du Maroc*. En résumé les plantes déterminables recueillies dans le Viséen du Maroc sont les suivantes : *Hostimella* sp., *Taeniocrada* sp., cf. *Archaeosigillaria* sp., *Prelepidodendron rhomboidale* P. DANZÉ, *Lepidodendron* sp., *L. cf. veltheimi* STERNB., *L. spetsbergense* NATH., *Lepidodendropsis hirmeri* LUTZ, ? *L. cyclostigmatoïdes* JONGMANS, GOTHAN et DARRAH, *Sublepidodendron kidstoni* NATH., *S. elongatus* P. DANZÉ, *S. striatus* P. DANZÉ, *S. arthrophytoïdes* P. DANZÉ, *Lepidostrobus* sp., cf. *Sigillaria* sp., *Sigillaria* aff. *schlotheimiana* BRONGN., *Syringodendron* sp., *Asterocalamites scrobiculatus* SCHLOTH., *Calamites* sp., *C. aff. cisti* BRONGN., *Cordaites* sp., *Sphenopteridium dissectum* GÖPP., *Triphyllopteris* cf. *collombiana* SCHIMP., *Rhacopteris* sp.

Il faut cependant noter que de nombreux débris végétaux sont restés indéterminés par suite d'une mauvaise conservation de leurs éléments distinctifs et qu'il est par suite vraisemblable qu'il existait encore dans cette flore viséenne d'autres plantes qui n'ont pas pu être reconnues. C'est en particulier le cas des Ptéridophytes ou Ptéridospermophytes qui devaient être mieux représentées qu'il ne le semble à la lecture de cette liste de plantes. Cela tient au fait, qu'au Viséen, les régions émergées au Maroc, bien que relativement importantes ainsi que H. Termier a pu le démontrer, ne se sont jamais trouvées bien loin d'une mer qui envahissait progressivement les territoires venant à la fois du Nord-Ouest (à partir de la région de Rabat vers le pays de Khenifra) et du Sud (à partir des confins algéro-marocains). Il en a résulté chez les régions exondées un régime le plus souvent subcontinental et les Végétaux qui peuplaient ces terres se sont souvent déposés dans des eaux agitées qui les ont très fortement broyés avant la fossilisation, ainsi qu'en témoignent tous les échantillons recueillis. Dans ces conditions, les plantes qui ont le mieux résisté à cette macération et à ce broyage sont évidemment les Lépidophytes dont les troncs et rameaux étaient importants, sans qu'ils n'atteignent jamais cependant la taille de ceux des Lépidodendrons et Sigillaires

qui ont peuplé les forêts westphaliennes. Les restes recueillis en sont donc fragmentaires mais ils permettent toutefois une détermination généralement précise. D'autre part la macération prolongée peut aussi avoir plus ou moins profondément détruit les tissus de leur écorce ou leurs tissus internes et, dans ce cas, ils se sont trouvés fossilisés à un stade *Knorria* ou *Aspidiaria* qui gêne beaucoup la détermination puisqu'alors les éléments caractéristiques ont partiellement disparu. Quant aux plantes à feuilles de Fougères qui ont pu pousser à côté de ces Lépidophytes, elles ont évidemment, elles aussi, été morcelées par cette macération en eaux agitées et leurs pinnules ont la plupart du temps été détruites. Peu d'entre elles sont donc déterminables. Seuls, leurs rachis ont subsisté mais s'ils témoignent la présence de plantes filicoïdes dans les gisements étudiés, ils n'en restent pas moins indéterminés.

Il faut d'ailleurs remarquer que l'on rencontre peu de ces témoins de Ptéridophytes ou Ptéridospermophytes tandis que l'on peut compter un grand nombre de restes lépidophytiques. L'abondance des Lépidophytes par rapport aux Archaeoptéridales ne fait donc aucun doute et ces dernières ne peuvent être considérées que comme des plantes peu courantes. *Asterocalamites scrobiculatus*, qui est l'ancêtre des Calamites houillères, devait par contre montrer un très grand développement à cette époque. Il se rencontre en effet partout dans le Viséen marocain même lorsqu'il n'y a pas de traces de Lépidophytes et semble par suite avoir été une plante subherbacée commune sur les terres émergées au Maroc durant le Viséen.

Pour conclure, je dirai donc que le Viséen du Maroc se caractérise au point de vue flore par une très grande abondance de Lépidophytes diverses, par la présence constante d'*Asterocalamites scrobiculatus* et par une très nette pauvreté en plantes à feuilles de Fougères.

B) *Rapports entre la flore du Viséen du Maroc et les principales flores viséennes connues*. Avant d'entamer une comparaison entre les flores viséennes du Maroc et celles des autres contrées du monde, je tiens néanmoins à signaler que, très souvent, la distinction entre Tournaisien et Viséen n'a pas été faite par les différents auteurs qui se sont occupés de ces flores. D'une façon plus générale, ils ont attribué les plantes étudiées au Carbonifère inférieur ou au Culm (= Dinantien continental). Ceci tient au fait que, par la flore, il est souvent assez difficile de se prononcer avec toute certitude entre ces deux étages qui ne présentent pas une grande diffé-

rence de végétation. Seules quelques Ptéridophytes ou Ptéridospermophytes sont caractéristiques du Viséen ou du Tournaisien, encore n'est-ce que par leur fréquence. En l'absence de ces plantes, l'abondance des Lépidophytes et la présence constante d'*Asterocalamites scrobiculatus* restent bien souvent les seuls critères qui permettent de se prononcer pour la partie supérieure de ce Carbonifère inférieur. Je serai par suite amenée à comparer les flores viséennes du Maroc avec des flores dites du Culm de presque toutes les autres régions du monde.

Les principales flores du Carbonifère inférieur proviennent d'Amérique (Pennsylvanie, Virginie, Pérou), d'Afrique (Égypte), d'Asie (Chine), d'Europe (Angleterre, Allemagne, Espagne, France), de Russie et du Spitzberg.

Les Lépidophytes tiennent toujours dans ces flores une place importante et elles se rattachent principalement aux genres *Lepidodendron*, *Lepidodendropsis*, *Sublepidodendron*. C'est ainsi qu'en Pennsylvanie et en Virginie, les couches de Pocono étudiées par Jongmans, Gothan et Darrah [1935] ont fourni un certain nombre de *Lepidodendropsis* : *L. hirmeri* LUTZ, *L. cyclostigmatoïdes* JONGM., GOTHAN et DARRAH, *L. sigillarioides* JONGM., GOTHAN et DARRAH, *L. vandergrachtii* JONG., GOTHAN et DARRAH. D'autre part au Pérou, Jongmans [1954] a étudié plusieurs flores viséennes (Paracas, Carhuamayo) dans lesquelles il a reconnu : *Lepidodendron* (?) *lissoni* STEINM., *Lepidodendropsis peruviana* (GOTHAN) JONGM., *L. de voogdi* JONGM., *L. steinmanni* JONGM.

Si l'on passe maintenant au continent africain, on voit que Jongmans [1955] a encore décrit et figuré dans la flore du Carbonifère inférieur d'Égypte : *Lepidodendropsis fenestrata* JONGM., *L. schürmanni* JONGM. et *Sublepidodendron fasciatum* JONGM.

En Chine, la présence de plusieurs espèces de *Sublepidodendron* (*Subl. mirabile* NATH., *Subl. wusihense* SZE) et également de *Lepidodendropsis hirmeri* LUTZ a été révélée par SZE [1936 a, 1943, 1956] dans les formations viséennes de la province de Kiangsu. Quant à la Russie, elle a également fourni, au Carbonifère inférieur, *Lepidodendropsis hirmeri* LUTZ et *L. vandergrachtii* JONGM., GOTHAN et DARRAH [Ananiev et Mikhailova, 1958].

L'Europe n'a pas donné de très importantes flores viséennes à l'exception de la Silésie où on a rencontré de nombreux échantillons de *Lepidodendron veltheimi* STERNB., *L. rhodeanum* STUR et *L. volkmannianum* STERNB. [Stur, 1877]. D'autre part, en Bavière, le gisement des

environs de Geigen a donné l'échantillon type du genre *Lepidodendropsis* et de l'espèce *L. hirmeri* [Lutz, 1933]. En Espagne, Jongmans et Mélendez [1950, 1956] ont pu trouver également quelques Lépidophytes qu'ils rattachent à *Lepidodendron losseni* STEINM. et *Lepidodendropsis hirmeri* LUTZ, tandis qu'en France, les gisements viséens du Mâconnais [Vaffier, 1901] et des Vosges [Corsin et Ruhland, 1959] ne montrent que de mauvais débris lépidophytiques qui peuvent appartenir aux genres *Lepidodendron* ou *Lepidodendropsis*.

Enfin le Culm du Spitzberg, qui a été étudié par Nathorst [1894, 1914, 1920], présente une particulière abondance de Lépidophytes puisqu'on a pu y déterminer *Lepidodendron veltheimi* STERNB., *L. spetsbergense* NATH., *L. robertii* NATH., *L. cf. volkmannianum* STERNB., *L. cf. rhodeanum* STUR, *L. heeri* NATH. ainsi que plusieurs Sublépidodendrons : *S. mirabile* NATH., *S. fallax* NATH., *S. subfallax* NATH., *S. kidstoni* NATH., *S. calamitoïdes* NATH. et *S. nordenskiöldii* NATH. Le caractère principal du Culm du Spitzberg réside donc dans la présence de Lépidodendrons bien développés associés à de nombreux petits Sublépidodendrons. En ce sens, le Culm du Spitzberg se distingue de celui des autres régions étudiées.

Après cette rapide vue d'ensemble sur les Lépidophytes recueillies dans le Viséen du monde entier, on voit donc que des formes lépidodendroïdes (*Lepidodendropsis*, *Sublepidodendron*) sont recueillies presque partout où il y a du Culm. Il est certain que quelques déterminations données par différents auteurs semblent à revoir après la découverte du nouveau genre *Prelepidodendron*, mais, de toute façon, lui aussi s'intègre dans ces formes lépidophytiques primitives, caractérisées par des coussinets foliaires généralement petits et souvent en disposition verticillée. Sauf au Spitzberg, il y a peu de véritables Lépidodendrons, car ce genre n'est généralement représenté au Viséen que par des espèces complexes annonciatrices des beaux Lépidodendrons westphaliens.

À côté des genres *Prelepidodendron*, *Lepidodendron*, *Lepidodendropsis* et *Sublepidodendron*, on peut encore trouver d'autres formes qui se rattachent encore aux Lépidophytes. Mais il s'agit là de genres et espèces isolés dont les spécimens recueillis ne sont pas nombreux. On a ainsi pu recueillir au Dinantien quelques espèces de *Cyclostigma* en Pennsylvanie (*Cyclostigma* sp.), au Pérou (*Cyclostigma pacifica* JONGM.), en Égypte (*Cyclostigma aegyptica* JONGM., *C. sinaica* JONGM.) et également quel-

ques *Bothrodendrons*, *Pinakodendrons* et *Sigillaires*.

Si l'on excepte *Asterocalamites scrobiculatus* qui figure dans presque toutes les flores du Culm, on voit qu'il y a eu bien peu de vraies *Arthrophytes* à cet étage. En Angleterre [Kidston, 1924] comme en Allemagne [Stur, 1877], on a pu reconnaître quelques espèces de *Calamites* comme : *C. haueri* STUR, *C. ramifer* STUR, *C. cistiiformis* STUR, *C. approximatifomis* STUR, *C. taitianus* KIDSTON et JONGM. Mais ainsi que Kidston et Jongmans l'ont montré dans leur monographie des *Calamites* [1917], il ne s'agit là que de formes intermédiaires entre les vraies *Calamites* et *Asterocalamites*. Il semble donc qu'*Arthrophytes* comme *Lépidophytes* ne soient représentées au Dinantien que par des genres précurseurs. Le Dinantien aurait vu le début du développement de ces deux embranchements de plantes sans en voir cependant nulle part l'apogée qui ne sera réelle qu'au Houiller.

Les plantes à feuilles de Fougères que l'on peut rencontrer au Dinantien se rangent presque toutes parmi les *Archaeoptéridales* et ont des affinités *ptéridophytiques* ou *ptéridospermophytiques* mal délimitées. On les classe principalement parmi les genres *Sphenopteridium* SCHIMP., *Cardiopteris* SCHIMP., *Rhacopteris* SCHIMP., *Triphylopteris* SCHIMP., *Cardiopteridium* NATH. Bien que représentées par un nombre réduit d'échantillons, elles sont assez nombreuses en Amérique. Dans les couches de Pocono, on a en effet pu recueillir [Jongmans, Gothan et Darrah, 1935] : *Cardiopteridium hordeni* JONGM., GOTHAN et DARRAH, *Triphylopteris compacta* JONGM., GOTHAN et DARRAH, *T. adiantiformis* JONGM., GOTHAN et DARRAH, *T. lescuriana* MEEK, *T. minor* JONGM., GOTHAN et DARRAH, *Sphenopteridium rhomboidale* JONGM. GOTHAN et DARRAH, tandis qu'au Pérou [Jongmans 1955], on rencontrait *Rhacopteris ovata* WALKOM, *R. peruvianus* JONGM., *Triphylopteris collombiana* SCHIMP., *T. lescuriana* MEEK.

En Égypte, il n'y a pas d'*Archaeoptéridales* dans les couches viséennes mais seulement une *Ptéridophyte* : *Sphenopteris whitei* (BERRY) JONGM. [Jongmans, 1954].

En Chine, la présence de *Rhacopteris* [Sze, 1936 b] est reconnue dans le Culm où l'on rencontre aussi quelques *Sphenopteris*.

Quant au Spitzberg, ses gisements dinantiens n'ont fourni qu'un petit nombre de plantes à feuilles de Fougères parmi lesquelles Nathorst [1914, 1920] a pu distinguer : *Sphenopteridium norbergii* NATH., *Cardiopteris frondosa* SCHIMP.,

Cardiopteridium spetsbergense NATH., *C. nanum* NATH., *Adiantites quadrigeminatus* NATH.

Le Dinantien d'Europe s'est, plus que tous les autres, montré riche en *Archaeoptéridales* et on y rencontre aussi un certain nombre de plantes à feuilles de Fougères à affinités *ptéridophytiques* plus ou moins certaines. En effet si les gisements dinantiens français sont relativement pauvres en spécimens de ces plantes, il n'en est pas de même pour l'Allemagne et l'Angleterre. En ce qui concerne la France donc, les genres *Sphenopteridium*, *Triphylopteris*, *Rhacopteris* et *Adiantites* y ont été reconnus au Viséen et ils y sont représentés par plusieurs espèces aussi bien dans les gisements viséens des Vosges [Schimper, 1862 ; Corsin et Ruhland, 1959] que dans ceux du Mâconnais [Vaffier, 1901].

Mais les *Ptéridophytes* ou *Ptéridospermophytes* sont beaucoup mieux représentées dans les flores du Carbonifère inférieur d'Allemagne où Stur [1877] a décrit et figuré plusieurs espèces de *Sphenopteris* : *Sph. foliata* STUR, *Sph. distans* STERNB., *Sph. ettingshauseni* STUR, *Sph. haueri* STUR ; des *Rhodea* ; des *Archaeopteris* : *A. dawsoni* STUR ; des *Sphenopteridium* : *S. dissectum* GÖPP., *S. pachyrachis* GÖPP. ; des *Adiantites* et des *Rhacopteris* : *Rh. paniculifera* STUR, *Rh. machaneki* STUR, *Rh. flabellifera* STUR, *Rh. transitionis* STUR. Dans des travaux plus récents [Oberste-Brink, 1914 ; Lutz, 1933 ; Gothan, 1949], qui étudient les flores de divers gisements du Carbonifère inférieur d'Allemagne, on trouve encore par exemple : *Rhacopteris lindsaeformis* BUNBURY, *Rh. semicircularis* LUTZ, *Cardiopteridium spetsbergense* NATH., *C. pygmaeum* GOTHAN, *Anisopteris aff. transitionis* ETTINGSH., *Cardiopteris frondosa* GÖPP., cf. *Triphylopteris*.

Quant à l'Angleterre, ses gisements dinantiens ont aussi fourni un grand nombre de plantes *ptéridophytiques* ou *ptéridospermophytiques* que Kidston [1924] a étudiées dans son important mémoire sur la flore carbonifère de Grande Bretagne. Il s'agit entre autres de diverses espèces appartenant aux genres *Sphenopteris*, *Rhodea* et *Diplotmema* auxquelles viennent s'ajouter un certain nombre de plantes soit purement viséennes, soit de tout le Carbonifère inférieur. Ce sont notamment des *Sphenopteridium* : *Sph. dissectum* GÖPP., *Sph. pachyrachis* GÖPP., *Sph. crassum* LINDLEY et HUTTON, *Sph. speciosum* KIDST. ; des *Spathulopteris* : *Spat. ovata* LINDLEY et HUTTON, *Spat. decomposita* KIDST. ; des *Archaeopteridium* : *Arch. tschermaki* STUR ; des *Adiantites* : *A. antiquus*

ETTINGSH., *A. machaneki* STUR et des *Rhacopteris* : *Rh. lindsaeiformis* BUNBURY, *Rh. inaequilatera* GÖPP., *Rh. petiolata* GÖPP., *Rh. transitionis* STUR.

En conclusion de cette étude, on peut donc dire que les flores viséennes, ou d'une façon plus générale dinantiennes, présentent une homogénéité remarquable dans le monde entier puisqu'on y rencontre partout les mêmes associations de Végétaux. Elles peuvent en effet se définir ainsi :

1) abondance de formes lépidodendroïdes (*Lepidodendropsis*, *Prelepidodendron*, *Sublepidodendron*) et apparition de quelques vrais Lépidodendrons ;

2) présence constante d'*Asterocalamites scrobiculatus* (surtout au Viséen, le Tournaisien en étant nettement plus pauvre) ;

3) développement généralement faible des plantes à feuilles de Fougères qui se rangent pour la plupart parmi les Archaeoptéridales (*Sphenopteridium*, *Rhacopteris*, *Triphylopteris*).

Si maintenant on se reporte aux flores viséennes du Maroc qui viennent d'être étudiées, on voit qu'elles s'intègrent parfaitement dans cet ensemble puisqu'elles sont en majeure partie composées de Lépidophytes primitives, d'*Asterocalamites* et d'un très petit nombre d'Archaeoptéridales rentrant dans les genres *Sphenopteridium*, *Rhacopteris* et *Triphylopteris*.

Une comparaison plus approfondie entre la flore générale du Viséen du Maroc et celles des autres régions du monde amène cependant à voir que le Maroc se montre particulièrement pauvre en plantes à feuilles de Fougères. En ce sens, elle se rapproche de la flore du Carbonifère inférieur de l'Égypte et on est amené à penser que l'Afrique n'a pas vu au Dinantien un grand développement de ces plantes. Sans doute le climat ne leur était-il pas particulièrement favorable. Il est vraisemblable en effet, étant donné l'état relativement réduit des Lépidophytes rencontrées, que l'Afrique jouissait alors d'un climat chaud et assez sec qui n'a permis, ni un grand épanouissement des Végétaux lépidophytiques, ni un développement considérable de plantes à feuilles de Fougères.

En ce qui concerne les Lépidophytes cependant, la flore du Viséen du Maroc est totalement comparable à celles que l'on rencontre dans les divers pays européens, africains ou asiatiques. Mais il faut noter que, sur ce point, elle montre plus d'affinités avec les flores du Carbonifère inférieur du Spitzberg, d'Amérique ou d'Asie qu'avec celles d'Europe septentrionale ou cen-

trale. Celles-ci, qui sont celles d'Angleterre et d'Allemagne, paraissent avoir trouvé en effet un climat particulier qui a été plus favorable au développement de petits Végétaux ptéridophytiques ou ptéridospermophytiques qu'aux plantes subarborescentes.

C) *Conclusion générale de l'étude des flores du Carbonifère inférieur.* En comparant donc les flores viséennes du Maroc avec les diverses autres flores du Carbonifère inférieur, j'ai donc été amenée à préciser la végétation de cette époque dans le monde entier et j'ai ainsi constaté que le Dinantien présentait un type floristique constant dans lequel on notait partout la présence d'un nombre plus ou moins important de formes lépidodendroïdes et en particulier du genre *Lepidodendropsis*. Ce dernier a en effet été signalé au Carbonifère inférieur en de nombreuses régions distribuées en Amérique, Afrique et Europe (sauf toutefois au Spitzberg). D'autre part, si on note qu'on ne rencontre cette plante ni au Dévonien ni au Namurien, sa présence constante au Dinantien devient particulièrement significative. Il me semble alors qu'il soit intéressant de maintenir, pour le Dinantien, l'appellation de « zone à *Lepidodendropsis* » que Jongmans [1951, p. 299] a proposée au 3^e congrès stratigraphique de Heerlen, puisque c'est la plante non seulement la plus fréquente mais aussi la plus caractéristique de cet étage. A côté de ce genre *Lepidodendropsis*, qui est souvent représenté par l'espèce *L. hirmeri*, on trouve aussi presque constamment *Asterocalamites scrobiculatus* dont la fréquence au Carbonifère inférieur est nette mais qui est surtout abondante au Viséen. Et enfin le Carbonifère inférieur renferme le plus souvent des Archaeoptéridales avec les trois genres typiques : *Sphenopteridium*, *Rhacopteris* et *Triphylopteris*. Mais ces Végétaux y sont presque toujours beaucoup moins nombreux et surtout leur fréquence n'est pas régulière ; aussi ne peuvent-ils figurer dans la flore dinantienne que comme plantes satellites de *Lepidodendropsis*.

En conclusion, je pense donc que le Dinantien (= Mississippian) se caractérise au point de vue flore par la présence de *Lepidodendropsis*¹ accompagné ou non d'*Asterocalamites scrobiculatus* ainsi que de *Sphenopteridium*, *Rhacopteris* et *Triphylopteris*. C'est la « zone à *Lepidodendropsis* (avec ou sans Archaeoptéridales) ».

1. Le genre *Lepidodendropsis* n'a pas été signalé en Angleterre, mais il faut remarquer que les travaux de Kidston [1923-1925] et Walton [1926, 1931] ne concernent que les plantes à feuilles de Fougères. Le Culm anglais ne semble pas avoir fait jusqu'ici l'objet d'études particulières en ce qui concerne les Lépidophytes.

Liste bibliographique.

- ANANIEV A. R. et MIKHAILOVA J. V. (1958). — On the age of the deposits of the lower part of the Minusinsk series in connection with the discovery of *Lepidodendropsis hirmeri* LUTZ in the Samokhvalsk suite. *Dokl. Ak. Nauk. S. S. S. R.*, t. 123, n° 6, p. 1081-1084.
- CARPENTIER A. (1930). — Flore viséenne de la région de Kasba Ben Ahmed. *Notes et Mém. Serv. géol. Maroc*, n° 6, p. 1-17, pl. I-VI.
- COGNEY G. (1957). — Recherches géologiques au confluent des Oueds Bou-Regreg, Grou et Akrech (Maroc occidental). *Trav. Inst. scient. chérif.*, sér. Géol. et Géogr. phys., n° 6, p. 1-56, pl. I et II.
- COGNEY G. et DANZÉ-CORSIN P. (1960). — Les conglomérats du bas Oued Bou-Regreg et la flore du Carbonifère inférieur du Djebel Bakach, région de Rabat (Maroc). *Ibid.*, sér. Géol. et Géogr. phys., n° 8, p. 1-62, pl. I-VIII.
- CORSIN P. et RUHLAND M. (1959). — Les gisements à plantes du Viséen dans les Vosges méridionales. *C. R. Ac. Sc.*, t. 248, p. 2145-2149.
- DANZÉ-CORSIN P. (1958). — Précisions au sujet des genres *Sublepidodendron* (NATHORST) HIRMER et *Lepidodendropsis* LUTZ. *Ibid.*, t. 247, p. 950-952.
- (1960). — Note sur une flore du Carbonifère inférieur de l'Oued Khorifla (avec une introduction stratigraphique de G. CHUBERT et A. FAURE-MURET). *Notes et Mém. Serv. géol. Maroc*, sous presse.
- GOTHAN W. (1949). — Die unterkarbon-Flora der Dobrilugker Tiefbohrungen. *Abh. geol. Landesanst.*, N. F., H. 217, p. 1-31, pl. I-VI.
- JONGMANS W. J. (1951). — Some problems on carboniferous stratigraphy. 3^e Congr., *Stratigr. et Géol. Carbonifère*, Heerlen, t. I, p. 295-306.
- (1954). — The carboniferous flora of Peru. *Bull. brit. Mus. (Nat. Hist.)*, Geol., vol. 2, n° 5, p. 191-223, pl. 17-26.
- (1955). — Flore et faune du Carbonifère inférieur de l'Égypte (en coll. avec VAN DER HEIDE S.). *Med. geol. Sticht.*, New ser., n° 8, p. 59-75, pl. 1-17.
- (1956). — Contribution al conocimiento de la flora carbonifera del SO de Espana. *Est. geol.*, Inst. Lucas Mallada, n° 29-30, t. XII, p. 19-58, pl. VIII-XI.
- JONGMANS W. J., GOTHAN W. et DARRAH W. C. (1935). — Beiträge zur Kenntnis der Flora der Poconoschichten aus Pennsylvanien und Virginia. 2^e Congr. *Stratigr. et Géol. Carbonifère*, Heerlen, t. I, p. 423-444, pl. 43-58.
- JONGMANS W. J. et MÉLENDEZ B. (1950). — El hullero inferior de Valdeinfierno (Cordoba). *Est. geol.*, Inst. Mallada, t. 6, p. 191-210, pl. 43-50.
- KIDSTON R. (1923-1925). — Fossil plants of the carboniferous rocks of Great Britain. *Mem. geol. Surv. Gr.-Brit.*, Pal., vol. II, part. 1-4.
- KIDSTON R. et JONGMANS W. J. (1917). — A monograph of the *Calamites* of Western Europe. *Med. Rijks. Delstoffen*, n° 7, vol. I, part I, sect. II, p. 188-207.
- LECOINTRE G. (1926). — Recherches géologiques dans la méséta marocaine. *Mém. Soc. Sc. nat. Maroc*, n° 14.
- (1933). — Études géologiques dans la région paléozoïque comprise entre Rabat et Tiflet. *Notes et Mém. Serv. géol. Maroc*, n° 28.
- LUTZ J. (1933). — Zur Culmflora von Geigen bei Hof. *Palaeont.*, Bd LXXVIII, Abt. B, p. 141-157, pl. XV-XIX.
- NATHORST A. G. (1894). — Zur paläozoischen Flora der arktischen Zone. *K. Svenska Vetensk. Ak. Handl.*, Bd 26, n° 4.
- (1914). — Nachträge zur paläozoischen Flora Spitzbergens. In *Zur fossilen Flora der Polarländer* t. I, n° 4, p. 1-110, pl. 1-15.
- (1920). — Zur Culmflora Spitzbergens. *Ibid.*, t. II, n° 1, p. 1-45, pl. 1-6.
- OBERSTE-BRINK K. (1914). — Beiträge zur Kenntnis der Farne und farnähnlichen Gewächse des Culms von Europa. *Jahrb. k. preuss. geol. Landesanst.*, Bd XXXV, Teil I, H. 1, p. 63-143, pl. 3-7.
- SCHIMPER W. P. (1862). — Terrains de transition des Vosges.
- STUR D. (1875-1877). — Die Culmflora. *Abh. k. k. Reichsanst.*, Wien, Bd VIII, n° 1.
- SZE H. C. (1936 a). — Über die altkarbonischen Flora der Prov. Kiangsu mit besonderer Berücksichtigung des Alters des Wutung Quarzites. *Bull. geol. Soc. China*, vol. XV, n° 2, p. 135-152, pl. I-VI.
- (1936 b). — Über ein Vorkommen von *Rhacopteris* im Kulm der Prov. Kwangsi. *Ibid.*, vol. XV, n° 2, p. 165-169, pl. I.
- (1943). — On the occurrence of *Sublepidodendron*, a lepidodendroid plant from the Wutung formation. *Ibid.*, vol. XXIII, n° 1-2, p. 61-68, pl. I.
- (1956). — On some specimens of *Lepidodendropsis hirmeri* LUTZ from the Wutung series of Kiangsu. *Scientia Sinica*, vol. V, n° 1, p. 137-143, pl. I.
- TERMIER H. (1936). — Études géologiques sur le Maroc central et le moyen Atlas septentrional. *Notes et Mém. Serv. géol. Maroc*, n° 33, t. I, III et IV.
- VAFFIER A. (1901). — Étude géologique et paléontologique du Carbonifère inférieur du Mâconnais. *Ann. Univ. Lyon*, n. sér., I, Sciences, Médecine, fasc. 7, p. 1-166, pl. I-XII.
- WALTON J. (1926). — Contributions to the knowledge of lower Carboniferous Plants, Part I-II. *Phil. Trans. roy. Soc. London*, ser. B, vol. 215, p. 201-224, pl. 16-17.
- (1931). — Part II. *Ibid.*, ser. B, vol. 219, p. 347-379, pl. 23-26.

Micropoudingues et grès à galets mous du Westphalien C du bassin houiller du Nord — Pas-de-Calais

par Pierre DOLLÉ*.

Sommaire. — L'étude des derniers sondages profonds du groupe d'Hénin-Liétard, où toutes les bases des bancs de grès traversés ont été systématiquement prélevées et étudiées, nous a amené à faire quelques remarques sur la corrélation des sédiments gréseux du Westphalien C. Nous avons été conduit à distinguer les grès à galets de sidérose et les micropoudingues des grès ordinaires. C'est la définition de ces termes que nous essaierons d'expliquer et de justifier dans cet exposé.

Depuis plusieurs années, les corrélations latérales se font couramment dans le bassin houiller du Nord, Pas-de-Calais à l'aide de niveaux de tonstein et de zones de grès caractéristiques. Il est actuellement facile de reconnaître entre eux les grès du Namurien, du Westphalien A, du Westphalien B et du Westphalien C. A l'intérieur de ces grandes familles de grès, d'autres zones ont pu être précisées et parmi elles la zone des « grès à galets mous » et la zone des « micropoudingues » du Westphalien C moyen. Ces résultats ont été obtenus par l'examen d'un certain nombre d'échantillons, exactement repérés stratigraphiquement et prélevés en bovettes. Ils ont été confirmés par l'étude de six sondages forés entre 1957 et 1959 dans la partie sud-ouest du groupe d'Hénin-Liétard des Houillères du bassin du Nord et du Pas-de-Calais. Ces sondages avaient pour but de reconnaître le gisement en profondeur afin d'en déterminer l'exploitabilité et d'établir un calcul des ressources plus précis.

A part le sondage 23 qui a été foré à partir du jour, les cinq autres ont été réalisés à partir des étages d'exploitation : 365 pour le sondage 065, 485 pour les sondages 063, 012 et 031, et 915 pour le sondage 022. Tous ces travaux ont rencontré une épaisseur plus ou moins grande de Westphalien C avant de pénétrer, à la faveur de la faille Pruvost, soit dans le Westphalien B moyen, soit même dans le Westphalien A supérieur.

SITUATION GÉOGRAPHIQUE. — Ces six sondages sont situés sur deux lignes à peu près

parallèles, distantes de 2,750 km environ (fig. 1) ; les trois sondages : 063, 012, 065, constituent la ligne occidentale longue de près de 4 km, les sondages 022, 031 et 23 constituent la ligne orientale, longue de près de 3 km. C'est donc une surface de près de 10 km² qui a été couverte et qui servira de base à nos observations qui portent sur 393 échantillons :

Sondage	Épaisseur forée	Nombre d'échantillons
063	558 m	56
012	697	42
065	740	51
022	562	54
031	755	75
23	1 213 (Houiller)	115

Nous n'insisterons pas sur les méthodes de travail aboutissant aux déterminations. Nous dirons seulement que 3 lames ont été réalisées pour chaque recherche de grès et 2 lames pour chaque recherche de tonstein, ce qui a nécessité la confection et la description de 1 000 lames minces environ.

DESCRIPTION STRATIGRAPHIQUE. — Il est bien évident que l'interprétation stratigraphique des sondages ne s'appuie pas seulement sur les déterminations pétrographiques et sédimentologiques. L'étude des stampes, des compositions de veine, de tous les caractères paléontologiques et des tectonisations locales a été menée conjointement et dans ses détails. L'étude

* Note présentée à la séance du 2 mai 1960.

péetrographique, établie à postériori, a permis cependant de préciser un certain nombre de points particuliers.

Sondage 063¹. Longitude = 636 126,32; latitude = 301 974,93; altitude à l'origine = — 480; altitude à l'arrêt = — 1 038.

Débutant dans la partie supérieure du faisceau d'Ernestine, Westphalien C moyen, le sondage traverse la superposition normale des veines, séparées par quelques bancs de grès caractéristiques du Westphalien C moyen. Puis il rencontre le tonstein Patrice, une zone riche en micropoudingues possédant une forte teneur en galets de phanites à spicules, caractéristique de la région du tonstein Maxence; puis ce tonstein Maxence, quelques bancs de grès fins, les tonstein Laurence, Hermance, Florence, Durance, Constance, pour aboutir à une zone fortement tectonisée qui supprime les grès surmontant le niveau marin de Rimbert (limite du Westphalien C et du Westphalien B). Ce passage tectonisé fait apparaître, en outre, un tonstein qui montre des caractères aberrants ne permettant pas de le rattacher à Viterbe : tonstein du sommet du Westphalien B.

Sondage 012. Longitude = 637 285,67; latitude = 303 813,71; altitude à l'origine = — 481; altitude à l'arrêt = — 1 178.

Débutant à peu près dans le même horizon stratigraphique que le précédent, ce sondage va rencontrer une série de failles plates : Gassion, du Moulin, de l'Accrochage, du Puits, et enfin la zone brouillée de la faille Pruvost. La conséquence de ces accidents successifs sera que ni le tonstein Prudence, ni le tonstein Patrice ne pourront être mis en évidence. Les grès montrent des caractères banaux du Westphalien C moyen qui vont cependant se préciser pour donner des micropoudingues à galets de phanites surmontant le tonstein Maxence. Les failles éliminent à nouveau les tonstein Laurence, Hermance, Florence, Constance, pour ne laisser subsister que le tonstein Espérance. Intercalés entre les veines de houille, quelques bancs de grès laissent cependant sentir la base du Westphalien C. Les grès surmontant le niveau marin de Rimbert n'ont pas été rencontrés bien que ce niveau à faune marine ait été vu entre 326 et 336 m. Les grès rencontrés dans la zone faillée surmontant la faille Pruvost montrent des caractéristiques du Westphalien B avec une zone de grès à minéraux lourds : Westphalien B moyen. La fin du sondage sous la faille Pruvost indiquerait des grès du Westphalien B inférieur sans que les grès de Poissonnière aient pu être déterminés.

Sondage 065. Longitude = 638 280,80; latitude = 305 012,40; altitude à l'origine = — 353; altitude à l'arrêt = — 1 093.

Comme pour le sondage 012, la même série de failles plates affecte le gisement : failles de Noyelles, du Grand Condé, Gassion, Gavion, Rangonieux.

La partie inférieure est affectée par la zone brouillée avoisinant la faille Pruvost, qui elle-même est affectée par une faille de tassement : la faille Rouy. Seuls les tonstein Florence et Espérance ont été rencontrés. Les grès montrent à l'origine du sondage un faciès grossier s'accroissant pour donner des micropoudingues à galets de phanites : micropoudingues de Saint-Jacques. Le tonstein Maxence n'a pas été vu. Les environs des tonstein Florence et Espérance montrent les grès fins habituels du Westphalien C inférieur. Pas de grès de Rimbert mis en évidence. Au milieu du Westphalien B la zone des grès à minéraux lourds apparaît nettement. Enfin la base du

sondage laisse présager la proximité de Poissonnière ou tout au moins la base du Westphalien B.

Sondage 022. Longitude = 639 262,80; latitude = 300 937,63; altitude à l'origine = — 906; altitude à l'arrêt = — 1 468.

Parti de l'étage le plus profond du groupe, ce sondage a rencontré dans l'ensemble un gisement très régulier, affecté par des failles peu nombreuses : à 100 m, faille de la Sucrerie; à 500 m, faille Pruvost. Les tonstein sont bien représentés par Maurice, Hermance, Florence, Espérance, Constance, Cognac. Le niveau de Patrice n'a pu être relevé pas plus que Maxence escamoté par la faille à 100 m. Les grès montrent une évolution rapide des grès grossiers aux micropoudingues à phanites caractéristiques de Saint-Jacques. Par contre, les grès situés plus bas, y compris ceux qui sont intercalés entre les tonstein, montrent des caractères inhabituels pour le Westphalien C inférieur. Une zone de grès à caractères marins renforcés par la présence de fragments d'Encrines, indique un niveau qui ne peut être ni Rimbert, ni Poissonnière et qui serait l'équivalent de Lanklaar ou de Domina du bassin de la Ruhr. La fin du sondage, sous la faille Pruvost, laisserait pressentir les grès du Westphalien A supérieur ou moyen.

Sondage 031. Longitude = 639 717,16; latitude = 301 826,62; altitude à l'origine = — 483; altitude à l'arrêt = — 1 238.

Ce sondage montre à nouveau une grande régularité de gisement. Peu de failles. Vers 100 m, une faille inverse faisant apparaître à deux reprises le tonstein Prudence; vers 520 m, une faille plate escamotant les tonstein Laurence, Hermance, Florence, et enfin à la base une zone brouillée voisine de la faille Pruvost. Ne subsistent donc comme tonstein que Prudence, Maxence, Maurice, Espérance et Constance.

Les grès nous montrent des faciès grossiers dans la partie supérieure fréquemment associés à des galets mous de sidérose de natures diverses, s'affinant pour laisser la place à une zone de micropoudingues avec phanites à spicules au-dessus du tonstein Maxence et des sédiments fins classiques à la base du Westphalien C. Une zone de grès à minéraux lourds avoisine le passage de toits à *Neuropteris scheuchzeri*, caractéristique de la limite des faisceaux de Pouilleuse et de Meunière, au milieu du Westphalien B. Les derniers grès rencontrés montrent les caractéristiques du Westphalien B inférieur. Une fois encore les grès de Rimbert n'ont pu être mis en évidence, probablement à cause de la faille plate située au-dessus de la zone des grès à minéraux lourds.

Sondage 23. Longitude = 640 300,20; latitude = 303 276,70; altitude à l'origine = + 37; altitude à l'arrêt = — 1 306.

Exécuté à partir du jour, ce sondage traverse 150 m de morts terrains avant de pénétrer dans le Houiller à la partie supérieure du faisceau de Dusouich. Comme deux des sondages de la ligne occidentale, ce dernier rencontre les failles plates, mais à un moment où elles ont déjà amorcé leur remontée vers le Sud, comme au sondage 012 : faille plate du 6, faille du Moulin, Gavion Rangonieux, zone brouillée de la faille Pruvost, auxquelles viennent s'ajouter les effets de la faille directe de Montigny. Cet ensemble de failles supprime la plus grande partie des tonstein. Ne subsistent que Prudence entre deux branches de la faille plate du 6 et Maxence.

1. Pour tous les sondages, les coordonnées s'entendent en coordonnées Lambert I, zone nord.

Les premiers grès rencontrés sont fins irréguliers. Puis on traverse une zone de grès à galets de sidérose et de micropoudingues au voisinage de la veine Désirée : limite des faisceaux d'Ernestine et de Dusouch. On rencontre à nouveau des grès fins, puis une zone de grès de plus en plus grossiers aboutissant à des micropoudingues à phanites à spicules surmontant directement le tonstein Maxence. Sous les grès de Maxence, des grès fins et irréguliers de la base du Westphalien C. Puis des zones de grès à alignements de minéraux lourds à 927, 1 024 et 1 184 m. Ces passages successifs peuvent se comprendre par le brouillage provoqué par la faille Pruvost. Enfin, sous la faille de Montigny à 1 320 m, des grès présentant de grandes affinités avec les grès de Poissonnière terminent la succession des échantillons examinés dans ce dernier sondage.

gliers de la base du Westphalien C. Puis des zones de grès à alignements de minéraux lourds à 927, 1 024 et 1 184 m. Ces passages successifs peuvent se comprendre par le brouillage provoqué par la faille Pruvost. Enfin, sous la faille de Montigny à 1 320 m, des grès présentant de grandes affinités avec les grès de Poissonnière terminent la succession des échantillons examinés dans ce dernier sondage.

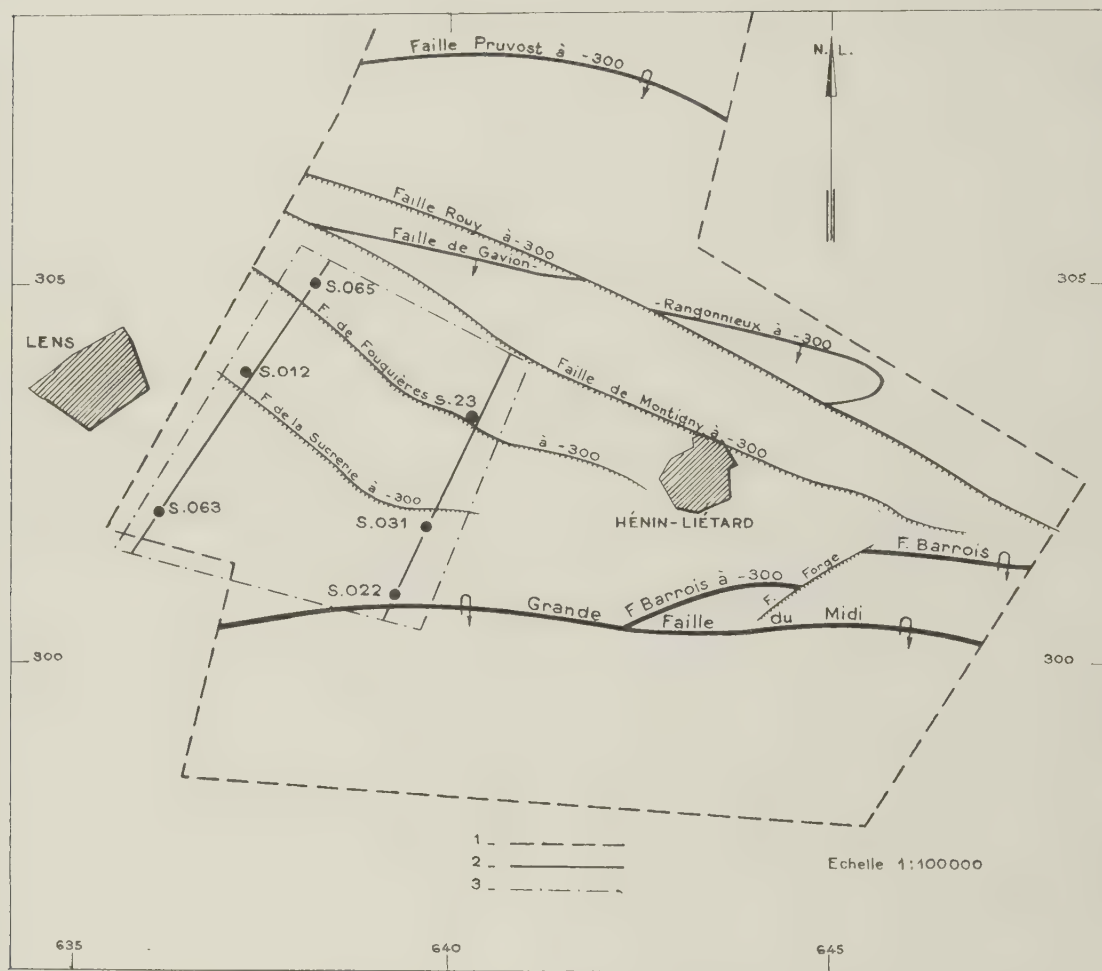


FIG. 1. — Plan d'implantation des sondages. Coord. Lambert 1, zone nord.

1 : limites du groupe d'Hénin-Liétard. — 2 : lignes de coupe. — 3 : périmètre délimité par l'étude. — ● sondages.

POINTS COMMUNS AUX SIX SONDAGES. — En dehors des passages de niveaux de tonstein parfaitement reconnaissables, il faut signaler que partout les micropoudingues, succédant dans le cours normal de l'approfondissement du sondage à des grès grossiers irréguliers, surmontent directement le tonstein Maxence. Sous ces micropoudingues, on ne rencontre que des

grès fins irréguliers, plus ou moins bien calibrés et stratifiés, mais ne présentant plus aucun de ces caractères de micropoudingues. A peu près dans chaque sondage également, la zone des grès à minéraux lourds (limite voisine de celle du faisceau de Meunière-faisceau de Pouilleuse) a été rencontrée et même recoupée plusieurs fois à la faveur des failles. Poissonnière

a pu être mis en évidence ou deviné à plusieurs reprises. Enfin, Rimbert, s'il a pu montrer parfois des fossiles marins, n'a jamais été repéré à l'aide des grès qui le surmontent habituellement. La caractéristique commune de ces sondages semble bien être, du point de vue des sédiments gréseux, la présence des micropoudingues de Saint-Jacques, surmontant le niveau de tonstein Maxence.

Comment peut-on reconnaître cette zone et l'individualiser au milieu de tous les autres grès du Westphalien C ?

GRÈS A GALETS MOUS. (Texte-pl., fig. 1 et 3). — L'aspect macroscopique de ces sédiments détritiques fait immédiatement penser à un poudingue. On voit de gros galets plus ou moins arrondis dont la taille peut être de plusieurs

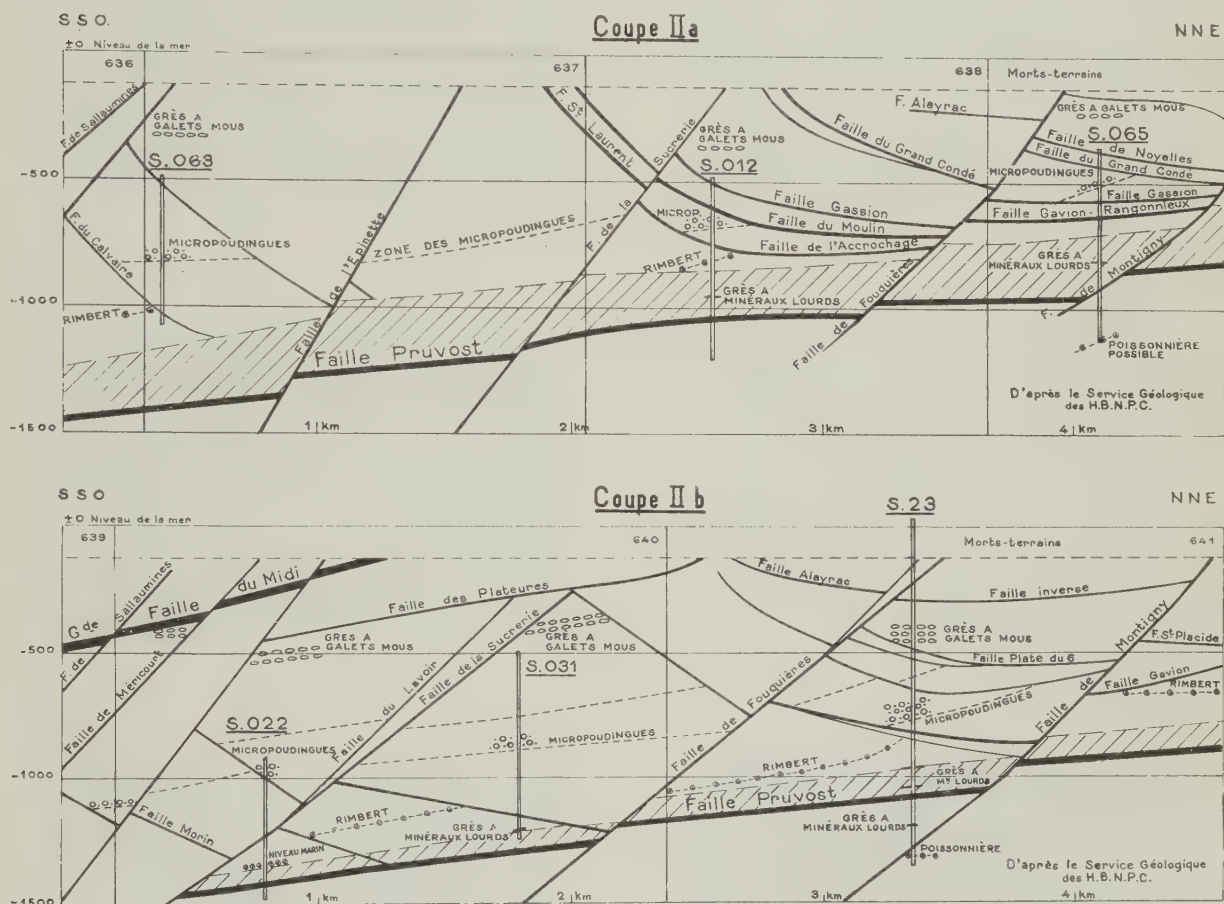


FIG. 2. — Coupes verticales passant par les sondages.

II a : coupe passant par les sondages 063-012-065. — II b : coupe passant par les sondages 022-031-23.

centimètres, enrobés dans un ciment gréseux homogène. Ces galets sont disposés en limets interstratifiés épais de 1 à 2 cm pouvant se répéter plusieurs fois à la base du banc de grès.

Si maintenant on les examine en lame mince, l'impression change totalement. Les galets se révèlent être en presque totalité constitués par de la sidérose à peu près pure, ou par des schistes à ciment de sidérose très abondant. La

sidérose peut être soit homogène, cryptocristalline, ou mélangée à un peu d'argile, ou encore composée de sphérolithes à cristallisation rayonnante réunis les uns aux autres par une mince pellicule de calcite. La cristallisation peut se traduire aussi par de minuscules cristallites serrés les uns contre les autres et parfois accompagnés d'un peu de pyrite cubique. Les schistes à sidérose montrent une stratification bien

établie, avec des micas aciculaires interstratifiés et des quartz détritiques à contours anguleux, monogéniques, très rarement constitués par des fragments de microquartzites, enrobés dans un ciment argilo-carbonaté et charbonneux abondant. Les contours de ces galets, qui semblaient réguliers et nettement tranchés en examen macroscopique, se révèlent en lame mince, déchiquetés, impressionnés par de nombreux éléments extérieurs à eux. Ils semblent bien être constitués par un sédiment incomplètement induré, arraché par l'écroulement de la berge d'un chenal fluvial, et roulés sur une courte distance avant de se déposer au milieu d'un nouveau sédiment.

La pâte gréseuse montre au contraire un sédiment homogène, généralement bien calibré avec les quartz, feldspaths et micas habituels, pratiquement pas de grains polygéniques et peu de ciment qui ne renferme, lui, que peu de sidérose et beaucoup de liant argilo-siliceux.

Nous avons donc à faire à un grès homogène, transportant occasionnellement, sur des étendues plus ou moins considérables, des galets de sidérose arrachés à des chenaux au moment d'une rupture de digue. Les éléments grossiers, de taille centimétrique, paraissent donc aberrants au milieu de grès dont les plus gros éléments dépassent rarement 0,5 mm. Ce phénomène est local dans le temps, individualisé à un ou deux niveaux, au milieu des autres grès normaux.

MICROPOUDINGUES (Texte-pl., fig. 2, 4 à 6). — La diagnose type d'un micropoudingue de Saint-Jacques, vu en lames minces, peut être la suivante : « micropoudingue sans stratification apparente, mal calibré (1-0,1) à nombreux galets provenant de roches préexistantes : cristallines ou sédimentaires. Quartz à contours irréguliers mais émoussés. Feldspaths assez abondants (7 à 8 %). Micas flexueux relativement frais et fréquemment poinçonnés par les grains voisins. Ciment abondant siliceux et argilo-carbonaté. La présence de galets de sidérose ne présente pas de caractère obligatoire ».

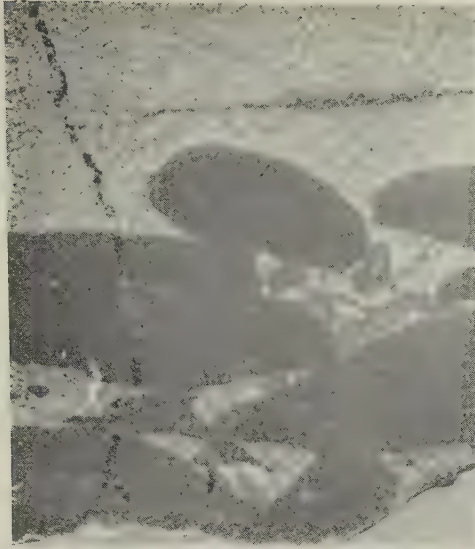
Il semble donc que ces éléments soient relativement fins puisque la dimension moyenne des éléments les plus gros dépasse rarement 1 mm et que la dimension moyenne des grains les plus fins est voisine de 0,1 mm.

Mais ce sont quand même des poudingues ou mieux des micropoudingues, alors que les sédiments détritiques du Westphalien montrent pour une grande majorité des grains monogéniques plus ou moins émoussés, plus ou moins altérés : quartz, feldspaths, micas.

Les sédiments qui sont actuellement décrits montrent au contraire une proportion supérieure à 50 % de grains polygéniques, allochtones et non authigènes. On peut y reconnaître des grains de microgranite, de gneiss, de mica-schiste, de lydienne, donc provenant soit de roches cristallines, soit de roches métamorphiques. On trouve aussi fréquemment des grains provenant de roches sédimentaires : microquartzites, phtanites (dont un grand nombre de phtanites à spicules), schistes à ciment argileux, schistes psammitiques, schistes à ciment carbonaté. Il existe aussi, mais dans une proportion plus faible, des grains de quartz qui pour leur grande majorité sont à contours irréguliers, dont les angles sont émoussés, mais non arrondis comme le sont en général les grains polymorphes décrits plus haut. Un autre de leurs caractères est d'être fréquemment à extinction roulante. Les feldspaths sont divers également, en particulier : albite, orthose, microcline, fréquemment maclés et le plus souvent frais ou peu altérés ; leur altération se manifestant généralement par une exsudation de calcite secondaire et par la présence fréquente de petits amas de kaolinite secondaire au voisinage immédiat des feldspaths altérés. Les micas sont en général allongés, flexueux, souvent poinçonnés par les grains plus durs qui les entourent, ce phénomène s'étant passé au moment du tassement du sédiment alors qu'il n'était pas encore induré. Ce sont en général des muscovites et des chlorites vertes, rarement de la biotite, et souvent on observe également dans les micropoudingues du milieu du Westphalien C des micas en voie d'altération, d'illitisation.

Si on passe maintenant aux éléments très fins, on constate que le ciment est constitué par de minuscules quartz détritiques intimement mélangés à une pâte argileuse illitique, additionnée de quantités plus ou moins grandes de sidérose chargée de matière humique. Cette sidérose peut se concentrer parfois en amas secondaires qui enrobent tous les grains avoisinants, et avec, comme pour certains feldspaths, exsudation de calcite rhomboédrique.

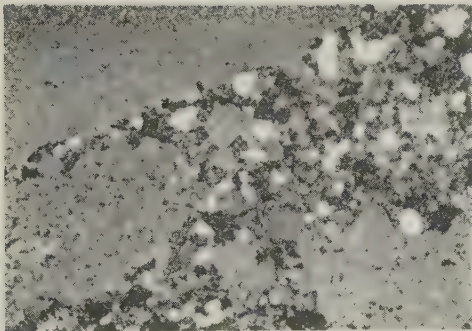
Ce sédiment est donc bien un micropoudingue par la présence d'une majorité de grains polygéniques roulés provenant soit directement de roches cristallines, soit de roches métamorphiques, soit encore de roches sédimentaires. Il l'est aussi par le non-classement des éléments dont les dimensions relatives varient de 1 à 10. Cette phase de sédimentation, soulignée par la série de micropoudingues surmontant Maxence, montre donc le résultat d'une érosion



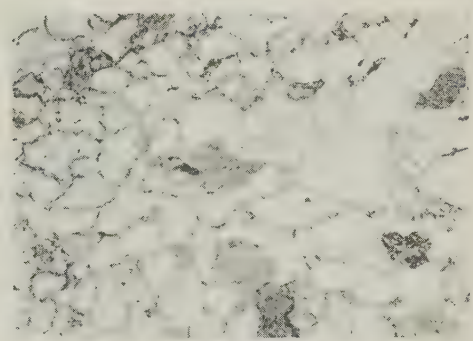
1



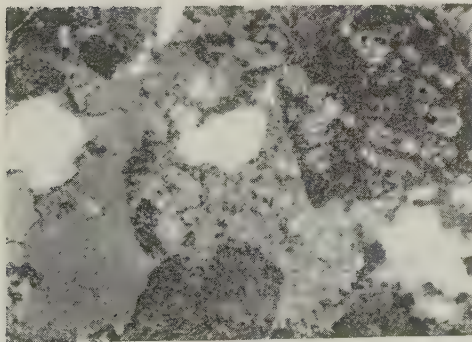
2



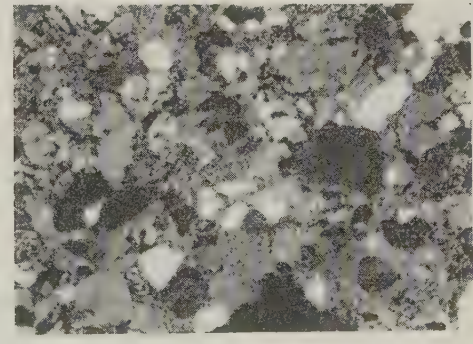
3



4



5



6

TEXTE-PLANCHE.

1 : Grès à galets mous ; lum. réfl. ; $\times 2$. La partie inférieure est occupée par des galets de sidérose, mélangés à du grès, la partie supérieure montre du grès pur. — 2 : Micropoudingue à galets de phtanites ; lum. réfl. ; $\times 2$. Le sédiment présente des éléments mal calibrés, sans stratification apparente, avec des grains polygéniques provenant de roches préexistantes. — 3 : Grès à galets mous ; lum. pol. ; $\times 20$. L'angle supérieur gauche est occupé par un galet de sidérose à peu près pure, la partie inférieure gauche par de la sidérose à cristallisation sphérolithique, la partie inférieure droite par un galet de schiste à ciment de sidérose ; le reste du champ montre un grès banal assez bien calibré. — 4 et 6 : Micropoudingue à « galets de phtanites » ; $\times 20$ (4 en lum. nat., 6 en lum. pol.). Le même champ photographié en lumière naturelle montre les grains arrondis cimentés par une pâte microcristalline, tandis que la photographie en lumière polarisée montre la nature polygénique d'un certain nombre de grains. — 5 : Micropoudingue à « galets de phtanites » ; lum. pol. ; $\times 40$. Grains polygéniques arrondis et dans l'angle supérieur droit, un galet de phtanite à spicules.

plus brutale, se traduisant par des apports plus grossiers. Cet ensemble de phénomènes pourrait s'expliquer par des changements de reliefs des hauteurs surmontant la lagune houillère peut être à la suite de phénomènes volcaniques. Le dépôt du tonstein Maxence en serait une manifestation, si on admet que certains tonstein peuvent avoir pour origine une pluie de cendres volcaniques.

L'examen de tous les sédiments gréseux provenant de ces sondages met en évidence également, au point de vue sédimentologie pure, le réemploi des matériaux les constituant.

En simplifiant à l'extrême, on pourrait traduire ce réemploi comme suit :

— les roches cristallines soumises à l'érosion, donnent des arènes qui vont permettre le transport, par l'eau de ruissellement, de quartz, feldspaths, micas et argile. Ces constituants vont se sédimenter et former un premier grès qui pourra se transformer en quartzite ou même en microquartzite suivant les cas.

— les grès et les quartzites sont indurés, soulevés par l'orogénèse, soumis à l'érosion. Un deuxième cycle commence qui pourra donner éventuellement des éléments polygéniques soit métamorphiques, soit simplement sédimentaires qui vont être transportés et se déposer dans la lagune houillère. Suivant les cas ils peuvent se stabiliser au milieu de schistes grossiers à ciment abondant de sidérose charbonneuse.

— ce nouveau sédiment pourra, par suite de mouvements orogéniques faibles ou par suite de l'accumulation sédimentaire deltaïque, constituer les rives d'un chenal qui en s'écroulant

vont former la matière première des gros éléments des grès à galets mous. Si un temps plus grand sépare le dépôt des schistes grossiers à ciment de sidérose charbonneuse d'une nouvelle tectonisation, nous pourrions assister à un nouveau cycle, les sédiments parfaitement indurés donnant cette fois des galets qui, mélangés aux fragments de granite, de gneiss ou de quartzites, vont constituer les micropoudingues de la zone surmontant le tonstein Maxence. Nous assistons donc, durant la sédimentation des terrains houillers, au quatrième emploi du même matériau qui a été érodé, transporté et sédimenté dans une aire de répartition relativement peu étendue.

La description des phtanites à spicules a été volontairement abrégée. Elle fera l'objet d'une note ultérieure.

Cette sédimentation particulière de micropoudingue au toit du tonstein Maxence a été observée à plusieurs reprises dans la partie orientale du groupe d'Hénin-Liétard, soit à près de 10 km à l'Est du centre de la zone étudiée. Elle a également pu être suivie, avec un accroissement des dimensions moyennes des éléments polygéniques, en plusieurs points du groupe de Lens et en de fréquents sondages et points de prise en bowette du groupe de Béthune-Nœux.

Nous sommes donc, pour cette zone précise de l'accumulation des sédiments du Westphalien, en présence d'un phénomène qui donne des indications précises pour les corrélations latérales et qui peut servir d'horizon stratigraphique repère.

Bibliographie.

- BERSIER A. (1958). — Séquences détritiques et divagations fluviales. *Ecl. geol. Helv.*, vol. 51, n° 3, p. 854-893.
- DOLLÉ P. (1957). — Étude sur les grès surmontant le niveau marin de Poissonnière. *Rev. Inst. franç. Pét. et Ann. Comb. liq.*, vol. XII, n° 4, p. 453-461.
- (1958). — Étude préliminaire sur les grès du bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais. *Ecl. geol. Helv.*, vol. 51, n° 3, p. 917-928.
- (1959). — Note sur les méthodes de travail employées au Service géologique des Houillères du bassin du Nord et du Pas-de-Calais. *Rev. Ind. minér.*, vol. 41, n° 2, p. 115-124.
- DUPARQUE A. (1946). — Remarques préliminaires sur les caractères des grès et des schistes houillers du Nord de la France. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. 66, p. 137-157.
- (1947). — Sur le mode de formation des grès du Westphalien du Nord de la France. *Ibid.*, t. 67, p. 296-312.
- SCHEERE J. (1957). — Conglomérats intraformationnels et à galets mous du Westphalien belge. *Bull. Soc. belge Géol., Pal., Hydrogéol.*, t. 66, fasc. 2, p. 236-251.

Étude palynologique de quelques échantillons de schistes autuniens

par Jeanne DOUBINGER*.

PLANCHE XV.

Sommaire. — Étude palynologique des schistes de Veuvrotte (Stéphanien D) et de Muse (Autunien inférieur) du bassin d'Autun-Épinac (Saône-et-Loire) ; mise en évidence de la persistance du « faciès palynologique houiller » dans les sédiments qui renferment les premiers représentants de *Callipteris*, et de l'existence d'un « faciès autunien » comprenant déjà quelques éléments typiquement permien.

Au cours de fouilles paléontologiques effectuées dans le bassin permo-carbonifère d'Autun-Épinac (Saône-et-Loire)¹, des échantillons de schistes ont été prélevés dans le but d'en réaliser une étude palynologique. Ils proviennent des formations suivantes :

1) *Assise d'Igornay* (« Stéphanien D » [Doubingier, 1956]) : schistes du toit de la couche de houille exploitée à Veuvrotte (un inventaire des spores et pollens de la houille de Veuvrotte a déjà fait l'objet d'une publication antérieure [Doubingier, 1958]).

2) *Assise de Muse* (Autunien inférieur [Doubingier, 1956]) : affleurements de schistes à proximité immédiate du hameau de Muse.

1. SCHISTES DE VEUVROTTE. — Les échantillons provenant du toit de la couche de houille sont de couleur gris sombre, à grain très fin. Ils ont pu être macérés, suivant le procédé utilisé pour les charbons, dans le mélange de Schulze (NO₃H et KClO₃) suivi d'un traitement à la potasse, le résidu minéral étant facilement éliminé par l'action de l'acide fluorhydrique à chaud.

Les fossiles macroscopiques sont assez rares dans cette formation et constitués surtout par des restes animaux. Parmi les débris végétaux récoltés, j'ai pu toutefois déterminer :

Callipteridium rochei ZEILL., cf. *Callipteris conferta* STERNB., *Lebachia piniformis* (SCHLOTH. pars) FLORIN, *Calamites cruciatus* C. cf. *cisti* BRONG., *Cordaites linguatus* GR.-EU., *Cordaites* cf. *foliolatus* GR.-EU., *Poacordaites linearis* GR.-EU., *Cardiocarpus* sp., *Trigonocarpus* sp., *Lesleya delafondi* ZEILL.

20 juin 1961.

Les mêmes sédiments se sont révélés très riches en microspores. Les espèces suivantes y ont été déterminées (d'après la classification morphographique de Potonié et Kremp [1955-1956]).

Sporonites sp. (forme ronde et granuleuse), *Leiotriletes gulaferus* POT. et KR., *L. levis* KOS., *Calamospira pallida* LOOSE, *C. saariana* BHARDW., *Variouxisporites plicatus* ALP., *Punctatisporites minutus* KOS., *Granulatisporites minutus* POT. et KR., *Cyclogranisporites pergranulus* ALP., *Lophotriletes microsaetosus* LOOSE, *Apiculatisporites* sp. (cf. Alpern [1959, pl. 3, fig. 69]), *Raistrickia superba* IBER., *Microreticulatisporites microtuberosus* LOOSE, *Lycospora pusilla* IBER., *Polymorphisporites laevigatus* ALP., *Laevigatisporites minimus* WILS. et COE, *L. medius* KOS., *L. desmoinesensis* WILS. et COE, *L. vulgaris* IBER., *Latosporites* sp., *Punctatosporites minutus* IBER., *P. rotundus* BHARDW., *Verrucosporites obscurus* KOS., *V. cingulatoideus* ALP., *V. verrucosus* ALP., *Spinosisporites spinosus* ALP., *Speciososporites laevigatus* ALP., *S. minor* ALP., *Guthörlisporites magnificus* BHARDW., *Florinites antiquus* SCHOPF, *Fl. ovalis* BHARDW., *Fl. mediapudens* LOOSE, *Fl. minutus* BHARDW., *Florinites* sp., *Latensina triletes* ALP., *Alisporites* sp., *Pityosporites schaubergeri* POT. et KLAUS.

Cet ensemble (comprenant 37 espèces réparties en 24 genres) est très semblable à celui qui a été identifié par l'étude palynologique de la houille de Veuvrotte. Tout au plus note-t-on ici une légère diminution du nombre des espèces représentées. On relève en particulier la grande abondance des *Verrucosporites* et des *Laevigatisporites* ainsi que l'épanouissement du genre

* Note présentée à la séance du 2 mai 1960.

1. Ces fouilles ont été facilitées par la Direction de la Société d'Histoire naturelle d'Autun que je tiens à remercier ici.

Florinites tant numériquement que par le nombre des espèces représentées. Les *Calamospora* sont encore très nombreuses et se présentent le plus souvent en tétrades. Il faut noter, en outre, la persistance du genre *Lycospora*.

Il convient de souligner la ressemblance frappante que présente cette association avec celle qui a été reconnue par B. Alpern [1959] dans les charbons du Permien inférieur de l'Aumance. L'auteur fait remarquer que cet ensemble fait suite sans aucune discontinuité aux associations du Westphalien supérieur et du Stéphanien et suggère l'explication de cette curieuse continuité par un âge plutôt stéphanien supérieur qu'autunien (malgré la présence de *Callipteris conferta*, d'ailleurs peu nombreux). Toujours d'après B. Alpern, un faciès palynologique tout à fait différent, caractérisé en particulier par la disparition complète des *Lycospora*, se présenterait dès l'Autuno-Stéphanien, dans le bassin de Saint-Étienne.

Les caractères palynologiques des schistes de Veuville peuvent encore être rapprochés de ceux qui, d'après Bhardwaj et Venkatachala [1957] caractérisent la partie supérieure de la série d'Ottweiler (série du Palatinat : « Upper Stephanian C » des auteurs). Les *Lycospora* ne disparaîtraient qu'à la base de l'assise de Kusel.

On peut encore comparer les résultats de l'étude palynologique de Veuville aux observations faites par A. T. Cross dans le Pennsylvanien du Nord des Appalaches. Malheureusement seul un résumé de cette intéressante étude présentée au IX^e Congrès international de Botanique de Montréal nous est parvenu à cette date. L'auteur y souligne la continuité des caractères palynologiques de l'Upper Allegheny au Dunkard inclus. Toutefois le nombre des espèces représentées diminue progressivement, les spores du genre *Laevigatosporites* restant prédominantes durant toute la séquence stratigraphique tant par le nombre des espèces représentées que par leur fréquence ; les espèces du complexe des Trilètes seraient progressivement remplacées par des pollens de Coniférales ; les *Lycospora* disparaissent dès l'Allegheny en même temps que les *Densosporites* ; durant le Monongahela apparaissent quelques nouveaux types de pollens (sans doute de Coniférales), mais, même dans la formation de Dunkard, les espèces typiquement permienues sont encore inconnues [Cross, 1959].

2. SCHISTES DE MUSE. — Les schistes de Muse, à passées bitumineuses et de couleur gris-noir,

ont été soumis au même traitement que les échantillons de Veuville.

Contrairement à ces derniers ils se sont montrés très riches en débris végétaux macroscopiques comprenant en particulier :

Pecopteris cyathea SCHLOTH., *Asterotheca cyathea*, *Pecopteris densifolia* GOEPP., *Callipteris conferta* STERNB., *C. cf. subauriculata* WEISS, *C. naumanni* GUTB., *Linopteris germari* GIEB., *Lebachia piniformis* (SCHLOTH. pars) FLOR., *Walchiostrobus* sp., *Calamites cisti* BRONG., *Coradales* sp.

Les microspores sont cependant moins abondantes que dans les schistes de Veuville et souvent, moins bien conservées. On y relève les espèces suivantes :

Reticulatasporites sp., *Granasporites* sp., *Zonalasporites* sp., *Calamospora* sp., *Lophotriteles microsacculus* LOOSE, *Crassisporea* sp., *Zonotriteles* types A, B et C, *Laevigatosporites minimus* WILS. et COE, *Latospores* sp., *Punctatosporites minutus* IER., *Verrucosporites verrucosus* ALP., *Speciososporites cf. laevigatus* ALP., *Striatosporites cf. major* BHARDW., *Endosporites ornatus* WILS. et COE, *Wilsonia* sp., *Florinites antiquus* SCHOPF, *Fl. volans* LOOSE, *Fl. triletus* KOS., *Florinites* sp., *Auroraspora* sp., *Potonieisporites* sp., *Latensina triletus* ALP., *Nuskoisporites cf. dulhuntyi* POT. et KL., *Platysaccus* sp., *Alisporites* sp., *Illinites unicus* KOS., *Lueckisporites virkiae* POT. et KL., *Pityosporites schaubergeri* POT. et KL., *Entylissa* sp.

Cet ensemble diffère sensiblement de celui qui caractérise les schistes de Veuville. On y note en particulier la régression des formes trilètes alors que les spores monolètes conservent encore une certaine importance. C'est toutefois l'ensemble des Pollenites qui est nettement prédominant. Par leur nombre, les Monosaccites représentent le groupe le plus important, sur un total de 300 spores, 75 à 80 % sont constitués par les Monosaccites. Le développement des Disaccites mérite cependant d'être souligné et en particulier l'apparition de formes encore inconnues au Stéphanien : *Lueckisporites*, *Platysaccus*. Cet épanouissement des Pollenites est très vraisemblablement lié au développement des Coniférales du type *Lebachia* dans cette formation [Doubinger, 1959]. Il faut aussi le rapprocher de la présence et de l'extension des *Callipteris* qui, d'après de récentes études de Remy [1953] sur *C. conferta*, auraient eu des pollens monosaccates. Notons aussi la présence, dans les schistes de Muse, de pollens typiquement permienus tels *Nuskoisporites*, *Lueckisporites*, *Platysaccus*., identifiés non seulement dans les sédiments permienus d'Europe mais dans diverses séries de Gondwana (Australie, Afrique centrale). Des termes de comparaisons peuvent encore être relevés dans les récents travaux de Tschudy et Kosanke [1959]

sur les sporomorphes du Permien inférieur du Texas où les auteurs signalent entre autres un complexe à *Florinites*, *Endosporites* et *Pityosporites*, et les observations de Wilson [1959] sur le Permien moyen de l'Oklahoma où, parmi les 9 genres les plus importants sont mentionnés : *Calamospora*, *Laevigatosporites*, *Nuskoisporites*, *Pityosporites*, *Platysaccus*, *Lueckisporites*.

Il serait prématuré de dégager de ces observations trop sporadiques, des conclusions concernant l'ensemble de la microflore autunienne

et il est indispensable de compléter cette étude préliminaire par celle de séries continues, permettant en particulier de tenir compte des variations de faciès tant horizontales que verticales. Plusieurs points méritent toutefois d'être retenus : la persistance du « faciès palynologique houiller » dans les sédiments qui renferment les premiers représentants des *Callipteris* et l'existence d'un « faciès autunien » comprenant déjà quelques éléments typiquement permien.

Bibliographie.

- ALPERN B. (1959). — Contribution aux méthodes et à la systématique palynologiques et pétrographiques des charbons. Application au problème de la corrélation des couches. Thèse, Paris.
- BHARDWAJ D. C. et VENKATACHALA B. S. (1957). — Microfloristic evidence on the carboniferous and the permian systems in Pfalz (W. Germany). *The Palaeobotanist*, vol. 6, n° 1, p. 1-11.
- CROSS A. T. (1959). — Plant microfossils of Latest Paleozoic age in the Northern Appalachian Basin. *IX^e Congr. intern. Botan.*, Montréal 1959, vol. II, abstr., p. 83.
- DOUBINGER J. (1956). — Contribution à l'étude des flores autuno-stéphaniennes. *Mém. Soc. géol. France*, nouv. sér., t. XXXV, n° 75.
- (1959). — Palynologie et paléobotanique. *Pollen et spores*, vol. I, n° 2, p. 279-309.
- (1960). — Associations sporologiques (microspores) de quelques gisements stéphaniens et autuniens. *Proc. intern. Comm. Coal Petr.*, n° 3 (1st intern. Congr. Coal Petr., Heerlen, 1958), p. 165-171.
- GREBE H. (1957). — Zur Mikroflora des niederrheinischen Zechsteins. *Geol. Jb.*, Bd 73, p. 51-74.
- POTONIÉ R. et KLAUS W. (1954). — Einige Sporengattungen des alpinen Salzgebirges. *Ibid.*, Bd 68, p. 517-546.
- POTONIÉ R. et KREMP G. (1955-1956). — Die Sporae dispersae des Ruhrkarbons. *Paleontogr.*, I : Bd 98 B, p. 1-136 ; II et III : Bd 99 B, p. 81-191 et Bd 100 B, p. 65-121.
- REMY W. (1953). — Beiträge zur Kenntnis der Rothliegendflora Thüringens, II. Fruktifikationen. *Sitzber. Ak. Wiss. Berlin*, n° 3, p. 1-20.
- TSCHUDY R. H. et KOSANKE R. M. (1959). — Gnetaloid and vesiculate permian Sporomorphs. *IX^e Congr. intern. Botan.*, Montréal, vol. II, abstr., p. 403.
- WILSON L. R. (1959). — Plant microfossils from the Flowerpot Shale (Permian) of Oklahoma. *Ibid.*, vol. II, abstr., p. 432.

LÉGENDE DE LA PLANCHE XV.

- FIG. 1. — *Reticulatasporites* sp. — × 400. Schistes de Muse.
- FIG. 2. — *Verrucosporites obscurus* Kos. — × 800. Veuvrotte.
- FIG. 3. — *V. cingulatoides* ALP. — × 400. Veuvrotte.
- FIG. 4. — *V. verrucosus* ALP. — × 800. Muse.
- FIG. 5. — *Variouxisporites plicatus* ALP. — × 800. Veuvrotte.
- FIG. 6. — *Calamospora saariana* BHARDW. — × 800. Veuvrotte.
- FIG. 7. — *C. pallida* LOOSE, tétrade. — × 400. Veuvrotte.
- FIG. 8. — *Calamospora* sp. — × 800. Muse.
- FIG. 9. — *Zonotriletes*, type A. — × 800. Muse.
- FIG. 10. — *Zonotriletes*, type B. — × 800. Muse.
- FIG. 11. — Tétrade de *Crassipora* sp. — × 400. Muse.
- FIG. 12. — *Zonotriletes*, type C. — × 400. Muse.
- FIG. 13. — Tétrade de *Zonotriletes* C (?). — × 400. Muse.
- FIG. 14. — Tétrade de *Zonotriletes* A (?). — × 400. Muse.
- FIG. 15. — *Laevigatosporites medius* Kos. — × 800. Veuvrotte.
- FIG. 16. — *Latospores* sp. — × 800. Veuvrotte.
- FIG. 17. — *Speciososporites* cf. *laevigatus* ALP. — × 800. Muse.
- FIG. 18. — *Sp. minor* ALP. — × 800. Veuvrotte.
- FIG. 19. — *Nuskoisporites* cf. *dulhuntyi* POT. et KL. — × 400. Muse.
- FIG. 20. — *Wilsonia* sp. — × 400. Muse.
- FIG. 21. — *Florinites* sp. — × 400. Muse.
- FIG. 22. — *Endosporites ornatus* WILS. et COE. — × 400. Muse.
- FIG. 23. — *Pityosporites schaubergeri* POT. et KL. — × 800. Muse.

Sur *Estheria tenella* et les *Estheria* du Permien inférieur

par Robert FEYS*.

PLANCHE XVI.

Sommaire. — Essai de révision et mise au point de l'espèce *E. tenella*. Son utilité stratigraphique.

Il règne quelque confusion dans la bibliographie des *Estheria* autuniennes. La raison en est d'abord qu'il est impossible de caractériser les *Estheria* fossiles autrement que par des caractères accessoires : taille, forme générale, ornementation superficielle des valves. Ces caractères varient à l'intérieur d'une même espèce : il est courant de trouver, sur une même plaque de schiste, de nombreux individus sans que deux soient absolument identiques. C'est qu'en effet, au polymorphisme sexuel s'ajoutent les déformations *post mortem* qui ont écrasé, étiré, déformé leurs carapaces fragiles. Aussi ces fossiles ont-ils, plus peut-être que tout autre groupe, été pulvérisés en une quantité d'espèces qui, par leur prolifération même, perdent toute signification.

Est-ce à dire qu'il faille renoncer à utiliser, en paléontologie stratigraphique, les *Estheria* autuniennes (*Esth. tenella*) au test particulièrement fragile et déformable ? Nous ne le pensons pas, car après d'autres auteurs nous avons pu vérifier la valeur des indications fournies par *Esth. tenella*. Aussi proposons nous ici une rapide révision, et une mise au point de cette espèce.

Estheria tenella JORDAN.

1850. *Posidonomya tenella* JORDAN in BRONN [p. 579].
 1862. *Estheria tenella* JORDAN in (pars) JONES [pp. 31 et 37, pl. 1, fig. 26 et 27, pl. 5, fig. 5 et 6].
 1901. *E. palaeoniscorum* FRITSCH [p. 77, pl. 160, fig. 6 et 7].
 (?) 1901. *E. calcarea* FRITSCH [pl. 160, fig. 9 et 10].
 (?) 1901. *E. ultima* FRITSCH [pl. 160, fig. 11 et 12].
 1911. *E. tenella* JORDAN in PRUVOST [p. 65, texte-fig. 1].
 1912. *E. minuta* DEPÉRET et MAZERAN (non ALBERTI) [p. 169, pl. 5, fig. 2, 3 et 4].
 1919. *E. tenella* JORDAN in PRUVOST [p. 58].
 1922. *E. tenella* JORDAN in PRUVOST [p. 652].

1925. *E. tenella* JORDAN in PRUVOST [p. 36].
 1934. *E. tenella* JORDAN in WATERLOT [p. 44].
 1934. *E. tenella* JORDAN in GUTHÖRL [p. 12, pl. 1, fig. 3 et 4, texte-fig. 3].
 (?) 1934. *E. drummi* GUTHÖRL [p. 15, pl. 2, fig. 3, texte-fig. 6].
 (?) 1934. *E. obenaueri* GUTHÖRL [p. 16, pl. 2, fig. 4, texte-fig. 7].
 1946. *Pseudestheria tenella* (JORDAN) in RAYMOND [p. 250].
 1946. *Euestheria autunensis* RAYMOND [p. 241, pl. 2, fig. 2].
 1954. *Asmussia tenella* (JORDAN) in KOBAYASHI [p. 55 et 97].
 1954. *Euestheria autunensis* RAYMOND in KOBAYASHI [p. 40].
 1954. *Estheria tenella* JORDAN in PAREYN [p. 122].
 1957. *E. tenella* JORDAN in DEFRISE-GUSSENHOVEN et PASTIELS [p. 23 et 35].

I. RÉSUMÉ DE LA BIBLIOGRAPHIE. — La confusion commence dès la création de cette espèce. C'est P. Pruvost [1911, p. 65 ; 1919, p. 58 ; 1925, p. 36] qui en a clarifié la recherche en paternité : elle a été créée pour des empreintes provenant des schistes de Lebach et Sulzbach, du Rothliegende inférieur, et d'abord décrites, sans figures, par Bronn [1850, p. 579] sous le nom de *Posidonomya tenella* JORDAN.

La première figuration est due à T. R. Jones [1862] qui a représenté de nombreux individus sous le nom d'*E. tenella* (texte-fig. 1 A).

P. Pruvost [1911 et 1919] crée l'espèce westphalienne *Esth. simoni* et montre qu'il faut y rapporter des formes qui auparavant avaient généralement été confondues avec l'*Esth. tenella* JORDAN, à la suite de Jones qui avait rapporté à cette espèce les *Estheria* du terrain houiller de Grande-Bretagne :

« Il nous a semblé impossible de réunir, contrairement à l'opinion de Jones, la forme westphalienne et l'espèce

* Note présentée à la séance du 2 mai 1960.

permienne. L'*Estheria* du terrain westphalien se sépare en effet de l'*Estheria tenella* par les caractères suivants :

1) *par sa forme* : presque circulaire (tandis que l'espèce de Jordan est subquadrangulaire) et par son profil très fortement convexe.

2) *par son ornementation* : composée de filets concentriques au nombre d'une douzaine, équidistants et, sur les adultes, d'une zone marginale où les stries deviennent contiguës.

3) *par sa taille* : plus de deux fois plus grande que celle de l'*Estheria tenella*. »

P. Pruvost propose de considérer comme figure type d'*Esth. tenella* le topotype de Sulzbach figuré par Jones [1862, pl. V, fig. 6], rapporte

à la même espèce l'*Estheria* des Brandschiefer d'Oschatz [Jones, 1862, pl. I, fig. 26 et 27] et remarque que l'échantillon d'Astley dans le Lancashire [Jones, 1862, pl. V, fig. 5] en paraît très voisin.

Enfin, P. Pruvost figure un échantillon d'*Esth. tenella*, provenant de Lebach (Sarre) (texte-fig. 1 B).

Ch. Depéret et P. Mazeran [1912] signalent, dans les schistes bitumineux du Permien d'Autun, des *Estheria* qu'ils rapportent, à tort, à l'*Estheria minuta* ALBERTI. Nous y reviendrons plus loin.

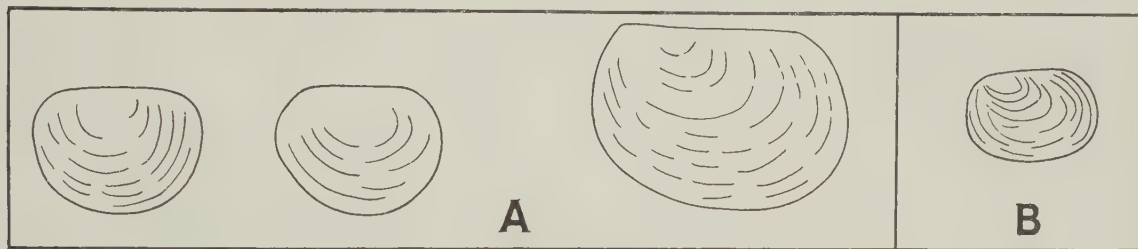


FIG. 1. — *E. tenella*. $\times 9$.

A : d'après T. R. Jones [1862, pl. 1, fig. 26 et pl. 5, fig. 5 et 6]. — B : d'après P. Pruvost [1911, p. 66, fig. 1], de Lebach (Sarre, coll. École des Mines).

Seules les carapaces effectivement attribuables selon P. Pruvost [1911] à l'espèce *E. tenella* sont figurées ici. Ces figures, de même que les suivantes, ont été directement calquées sur les figures originales, et amenées à un grossissement uniforme de $\times 9$, de façon à faciliter les comparaisons. Pour la même raison, certaines sont inversées pour que le crochet soit toujours en haut et à gauche. Ces figures ne visent absolument pas à représenter le nombre exact des côtes concentriques, mais seulement leur forme générale.

P. Pruvost [1922 et 1925] insiste sur l'intérêt d'*Estheria tenella* comme fossile caractéristique du Permien inférieur. Il signale sa découverte dans le Calvados et dans la Nièvre, dans des sondages :

— le sondage de Chantenay (Nièvre), qui a traversé des schistes et grès gris et noirs datés par *Callipteris cf. conferta* déterminé par P. Bertrand, et des bancs de schistes bitumineux riches en écailles et épines de Poisson, *Estheria* et *Candona*.

— le sondage de Port Ribet (Calvados) dans le Permien du Cotentin, où des empreintes d'*E. tenella* couvrent tous les feuillets d'un schiste bitumineux, fort bien conservées et associées à des restes de Poissons.

P. Pruvost rapporte à la même espèce les *Estheria* d'Autun figurées par Depéret et Mazeran. De plus :

« La même espèce existe aussi dans le terrain permien qui couronne la série houillère de Bohême (bassin de Pilsen et de Kladno-Rakowitz). A. Fritsch [1901] a en

effet figuré, sous le nom de *Estheria palaeoniscorum*, une forme des couches rouges de Branau, qui, à mon avis, est identique à l'*Esth. tenella* [Fritsch, 1901, p. 77, pl. 160, fig. 6-7]. Il est possible que les *Esth. calcarea* Fr. et *ultima* [Fritsch, 1901, pl. 160, fig. 9 à 12] des mêmes couches doivent être inscrites en synonymie de l'*E. tenella*. »

Il est vrai que la structure fine du test n'est pas organisée de la même façon chez les trois espèces de Fritsch. Nous ne reproduisons pas ici les figures de cet auteur, car elles sont difficiles à interpréter par un dessin au trait sans trahison.

G. Waterlot [1934] décrivant la faune continentale du terrain houiller sarro-lorrain, signale que l'espèce stéphanienne *Estheria limbata* a fréquemment été confondue (notamment par Goldenberg et Leppla) avec *Esth. tenella*, beaucoup d'*Estheria* ayant été rapportées à tort à cette dernière espèce :

« *Estheria tenella* JORDAN des schistes de Lebach (Permien inférieur) est une forme subquadrangulaire d'allon-

gement oblique, et non transversal, comme chez *E. limbata* : ses côtes sont deux fois moins nombreuses, surtout le long du bord ventral où il n'existe pas de limbe aussi net ; de plus le test est organisé en un fin réseau entre les côtes et ne porte pas les petites fibres radiantes d'*E. limbata* ; enfin, l'angle antérieur est plus net chez *E. tenella*, grâce à un rabattement plus rapide du bord antérieur sur le bord cardinal. »

La même année, Guthörl [1934] émet un avis différent sur l'individualité des espèces *E. tenella* et *E. limbata*, en signalant leur association dans

les schistes de la base de la série d'Ottweiler (Stéphanien inférieur). Il y aurait même, d'après cet auteur, association avec *Leaia baentschi*, ce qui paraît *a priori* douteux !

Guthörl préfère attribuer la paternité d'*E. tenella* à Bronn [1850], ce qui, il faut bien le dire, en l'absence de figuration n'a maintenant plus grand intérêt. Guthörl a recherché la collection de Jordan à Berlin, et choisi comme lectotype un spécimen qu'il a représenté [1934, pl. I,

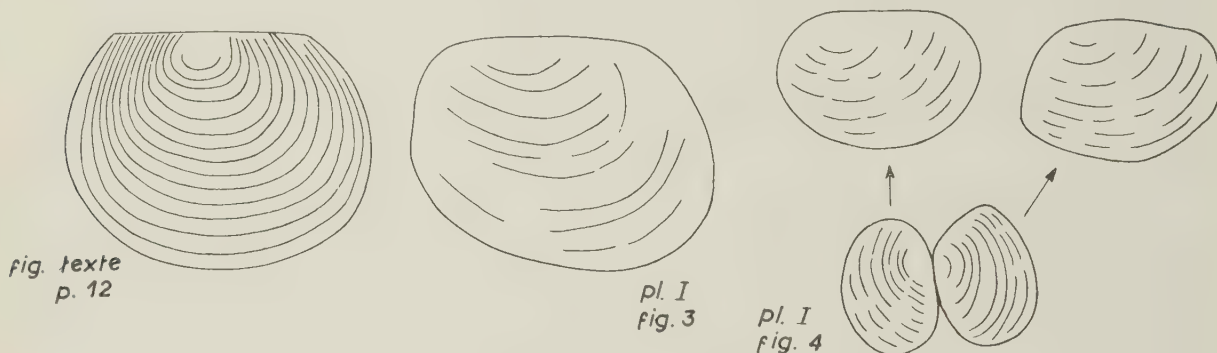


FIG. 2. — *E. tenella*, d'après Guthörl [1934]. × 9.

fig. 3]. Malheureusement ce spécimen est très érasé et fort peu démonstratif. Sa figure-texte [p. 12] est d'évidence inexacte. En définitive, c'est encore la figure 4 [pl. I] qui donne la meilleure idée de l'espèce (texte-fig. 2).

Guthörl [1931 et 1934] crée également les espèces *Estheria drummi* et *E. obenaueri* qui, comme l'a remarqué Kobayashi [1954] sont pour le moins fort proches d'*E. tenella* (sous les noms de ?*Cornia drummi* et ?*Cornia obenaueri*).

Raymond, dans une révision d'ensemble des Conchostracés fossiles, à qui nous ferons le reproche d'avoir peut-être un peu trop multiplié et rebaptisé les espèces, reprend *E. tenella* sous le nouveau nom de *Pseudestheria tenella* BRONN [Raymond, 1946, p. 250-251].

Kobayashi [1954, p. 55-56] cite à nouveau *E. tenella* sous le nouveau nom d'*Asmusia tenella*.

Novojilov, dans de nombreux travaux récents [1956 entre autres] décrit et figure un très grand nombre d'espèces nouvelles, plus ou moins proches d'*E. tenella*, que nous devons renoncer à énumérer ici.

Cl. Pareyn [1954] note la présence d'*E. tenella* dans l'Autunien du bassin houiller de Littry (Calvados).

Enfin, A. Pastiels [1957] insiste sur la parenté morphologique entre *E. tenella* et *E. simoni* :

« La forme générale [d'*E. tenella*] paraît quant au contour, intermédiaire entre les types telliniformes et cycladiformes de l'*E. simoni*, et la taille de ces deux espèces est semblable. La ligne cardinale est relativement plus longue et l'umbo plus médian que chez *E. simoni*. Le nombre de stries concentriques est fort voisin chez les deux espèces ; l'existence d'un limbe n'a encore été signalé que chez *E. simoni*. Ces traits généraux qui rapprochent ou différencient ces deux espèces appellent cependant une étude morphologique sérieuse de l'*E. tenella* pour être précisés. »

II. LES ESTHERIA DU PERMIEN D'AUTUN DÉCRITES PAR DEPÉRET ET MAZERAN. — Ch. Depéret et P. Mazeran [1912] proposent de grouper les *Estheria* en deux sous genres : *Lioestheria* et *Euestheria*. Cette classification très commode est encore employée de nos jours.

Au premier groupe, dans le bassin d'Autun, ils rattachent l'*Estheria* (*Lioestheria*) *lallyensis*, nouvelle espèce établie d'après des échantillons silicifiés, dans un état de conservation remarquable, et nettement différents d'*E. tenella*.

Au deuxième groupe, ils rattachent des empreintes beaucoup plus abondantes, mais aussi moins bien conservées, d'une taille de 3 à 5 mm, déterminées *Estheria minuta* ALBERTI (texte-fig. 3).

Depéret et Mazeran en reproduisent plusieurs photographies, représentant une dizaine d'individus utilisables, et en proposent la diagnose suivante :

« La carapace est oviforme, plus ou moins oblongue, à extrémité arrondie, le bord cardinal est droit, court, et coupé à angle droit par le bord antérieur.

Celui-ci, arrondi, se relie par une courbe régulière au bord ventral, puis au bord postérieur lui-même largement arrondi. Contrairement à ce qui a lieu pour le bord antérieur, le bord cardinal se fond graduellement dans le bord postérieur.

Le crochet, quoique peu développé, fait nettement saillie sur le bord cardinal. Il est situé à peu près à la hauteur du tiers antérieur de la carapace.

L'ornementation régulière consiste en cordons concen-

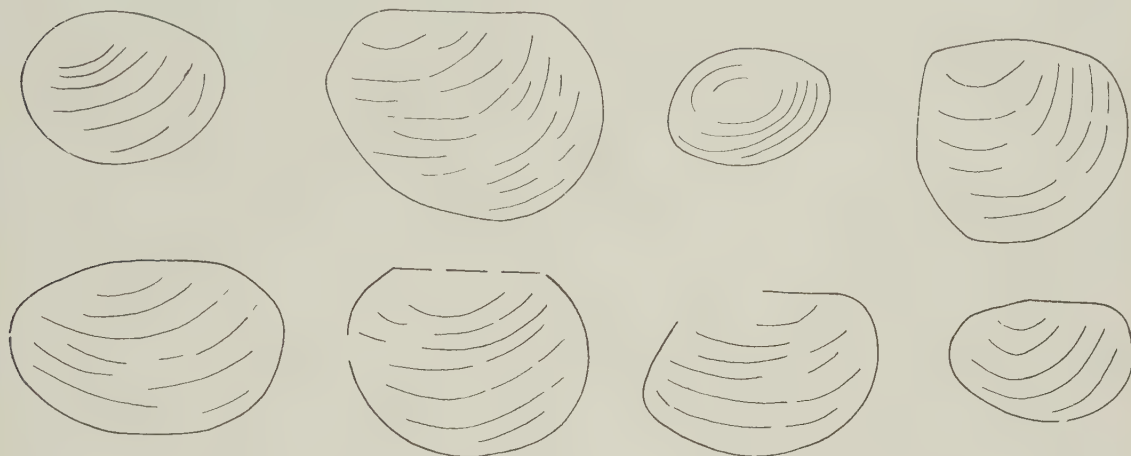


FIG. 3. — *E. minuta* DEPÉRET et MAZERAN [1912]. $\times 9$.

triques minces, saillants, bien séparés les uns des autres, au nombre d'environ une quinzaine. Parfois, mais rarement, entre ces cordons bien accentués, s'en intercalent d'autres plus fins et plus nombreux. Certains échantillons, mieux conservés que les autres, permettent de distinguer confusément, au microscope, une ornementation réticulée, polygonale, dans l'intervalle des cordons. »

Il est clair que cette description ne s'applique pas entièrement à tous les individus figurés : le bord cardinal n'est droit que sur certains échantillons, il n'est pas coupé à angle droit par le bord antérieur, le nombre de côtes indiqué (une quinzaine) est nettement plus élevé chez les individus de grande taille : jusqu'à 25 environ.

Cette forme, écrivaient encore Depéret et Mazeran :

« est évidemment celle que R. Jones avait en vue lorsqu'il signalait *Estheria tenella* JORDAN dans le Permien d'Autun. Cette confusion s'explique par le fait qu'il n'avait eu entre les mains aucun échantillon provenant de cette localité. S'il en avait été autrement, il n'aurait pas manqué d'être frappé de la différence très sensible des deux espèces.

En effet, *Estheria tenella* JORDAN est une espèce petite, de taille et d'ornementation assez analogue à la nôtre, mais de forme générale très différente ; elle est plus élevée, plus franchement arrondie, munie d'un bord car-

dinal absolument droit, sur lequel le crochet, très faible, ne fait aucune saillie ; le bord antérieur est arrondi et forme avec le bord cardinal un angle assez obtus, contrastant avec la chute brusque que l'on observe chez l'espèce d'Autun ».

Aussi, Depéret et Mazeran préfèrent-ils attribuer les formes d'Autun à l'*Estheria minuta* ALBERTI.

Mais P. Pruvost estime [1922 et 1925] que les formes de Depéret et Mazeran sont en réalité des *E. tenella*.

Néanmoins, Raymond [1946], entreprend de remettre les choses au point :

« This species, according to its authors, is represented by numerous specimens, but the preservation is mauvais, écrasés et laminés. They state that the number of costellae is quinzaine, but they are more numerous on individuals from 3 to 5 mm in length. Twenty to twenty five can be counted on some of those illustrated by their photographs, a far number than those on the true *Euestheria minuta*. (...) This is evidence that their genus was really founded on the rhaetic *Estheria minuta*. »

Raymond reproduit une partie des figures de Depéret et Mazeran et crée, pour ces formes d'Autun, une nouvelle espèce : *Euestheria autunensis*.

Kobayashi [1954] lui donne raison en ce qui concerne l'*Euestheria autunensis*, qu'il considère comme la forme permienne d'*E. minuta* en France.

Ces fossiles sont extrêmement abondants dans les schistes bitumineux d'Autun. E. De-frise-Gussenhoven et A. Pastiels [1957] signalent qu'une plaque fossilifère récoltée par F. Stockmans présente une densité de plus de 10 carapaces par cm².

Nous figurons quelques tests de la même *Estheria* recueillis dans les schistes bitumineux d'Autun (Les Télots) (texte-fig. 4).



FIG. 4. - *Estheria* des schistes bitumineux d'Autun. $\times 9$.

proviennent les premiers des schistes du toit de la couche 3 les autres du T. B. des Mandins, à 560 m. On notera l'extrême polymorphisme des carapaces (texte-fig. 5 A et B).

Sondage des Bois (Saône-et-Loire). Dans le même bassin de Blanzay et du Creusot, à proximité immédiate des exploitations houillères dans le Stéphaniens de Montceau, plusieurs sondages ont recoupé des assises stériles dont l'âge autunien est bien établi grâce à une flore à *Callipteris* et *Walchia*.

Certains bancs de schistes bitumineux renferment une prolifération extraordinaire, une véritable purée d'*Estheria*. Les échantillons figurés ici proviennent du récent sondage des Bois. Ici encore, le contour des carapaces est extrêmement variable (texte-fig. 6).

Sondage de La Motte (Nièvre) (Pl. XVI et texte-fig. 7). Dans le bassin houiller de Decize, des sondages récents ont exploré vers le Sud-Est le prolongement aval du gisement. Le sondage de La Motte, après avoir traversé un Autunien stérile daté, et avant de pénétrer dans le

III. NOUVEAUX GISEMENTS D'*ESTHERIA* AUTUNIENNES ATTRIBUABLES A L'ESPÈCE *E. TENELLA*. — Enfin, j'ai recueilli des *E. tenella* dans quelques gisements où elle n'avait pas encore été signalée.

Bert (Allier). Dans le grand bassin carbonifère et permien de Blanzay et du Creusot, l'Autunien, généralement stérile, devient productif à l'extrémité sud-ouest du gisement, où il a fait l'objet de travaux d'exploitation (mines de Bert). Dans des schistes bitumineux, on y trouve une grande abondance d'*Estheries*.

Les échantillons choisis pour être figurés ici

Stéphaniens productif, a rencontré une série carbonatée épaisse d'une vingtaine de mètres. En particulier, vers 1015 m et sur plusieurs mètres d'épaisseur, c'est un carbonate pratiquement pur, sans schistes ni grès, incluant de multiples débris animaux, parmi lesquels l'abondante population d'*Estheria* dont il est question ici ; elles sont remarquablement conservées, ce qui est rare pour ces fossiles ; ceci est sans doute dû au faciès carbonaté qui a protégé les tests des écrasements et déformations *post-mortem*.

Ce « cimetière » se trouve à la limite de deux séries à faciès différents : au toit des schistes et grès noirs avec charbon de la base du sondage, et au moment de l'arrivée brusque des schistes compacts, des grès et conglomérats argileux verdâtres, tout comme si l'invasion des eaux du lac houiller par la boue, entraînant un changement de pH et d'oxydation était responsable de cette « thanatocénose ».

Ce gisement se trouve donc à la limite du Stéphaniens et de l'Autunien. On pourrait aussi

bien l'attribuer à l'extrême base de l'Autunien ou à la partie supérieure du Stéphanien. Remarquons à ce sujet que déjà Leppla et Van Wer-

veke ont signalé *E. tenella* au sommet du Stéphanien, comme l'a fait remarquer G. Waterlot 1934, p. 46].

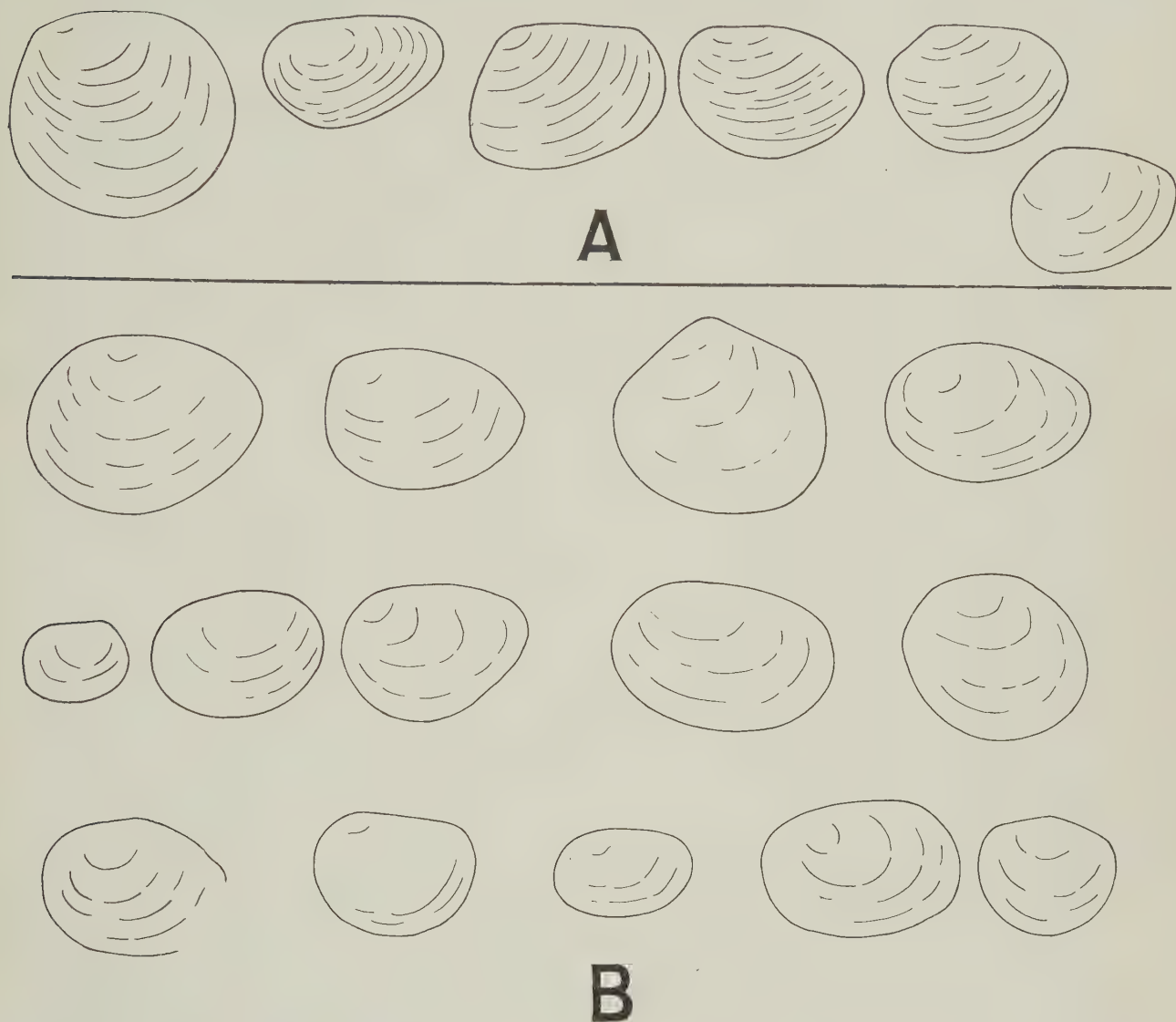


FIG. 5. — *Estheria* de Bert. × 9.

A : du toit, veine 3. — B : T. B. des Mandins à 560 m.

De même que les suivantes, ces figures, purement objectives ont été calquées directement sur macrophotographies. Certaines ont été calquées à l'envers de façon à ce que le crochet soit toujours en haut à gauche.

Souss (Haut-Atlas occidental). Le Carbonifère d'El Minzla est situé en bordure de la plaine du Souss, sur les premières pentes du versant

sud du Haut Atlas, dans les Idal ou Zal et Ida ou Ziki.

Au cours d'une étude récente de ce gisement

(en collaboration avec Ch. Greber et encore inédite), nous avons rencontré des Estheries en grand nombre sur certaines plaques schisteuses d'une assise autunienne bigarrée et stérile (par opposition au Stéphanien noir et productif sous jacent). Ces Estheries y voisinent avec des

rameaux de *Lebachia* (*Walchia*). Presque toujours ces échantillons sont écrasés et laminés, mais restent attribuables à l'*E. tenella*.

L'existence d'*E. tenella* dans le Souss présente un intérêt particulier, puisqu'il s'agit du bassin permo-carbonifère avec couches de houille et



FIG. 6. — *Estheria* du sondage des Bois. $\times 9$.

flore euraméricaine le plus méridional que nous connaissions en Afrique.

IV. CONCLUSIONS. — Étant donné ce polymorphisme des carapaces d'*Estheria* autuniennes dont nos figures ne peuvent donner qu'une idée en-deçà de la réalité, plusieurs attitudes d'es-

prit sont possibles. Au risque de les caricaturer quelque peu, nous en distinguerons deux opposées :

— le systématique pur se réjouit de ce réservoir d'espèces nouvelles quasiment illimité. Il les exploite méthodiquement, c'est-à-dire qu'il en baptise un grand nombre, autant que

le lui permet ce qu'il trouve dans les tiroirs. Bien entendu un systématicien venant après un autre systématicien ne manquera pas de répartir des espèces antérieures en nouvelles familles et nouveaux genres, et de pulvériser en plusieurs

espèces nouvelles des espèces existantes. Il en résulte finalement la confusion où nous nous trouvons quant aux *Estheria* permienes ;

— quant au géologue de terrain, l'expérience lui a enseigné qu'on trouve toujours les mêmes

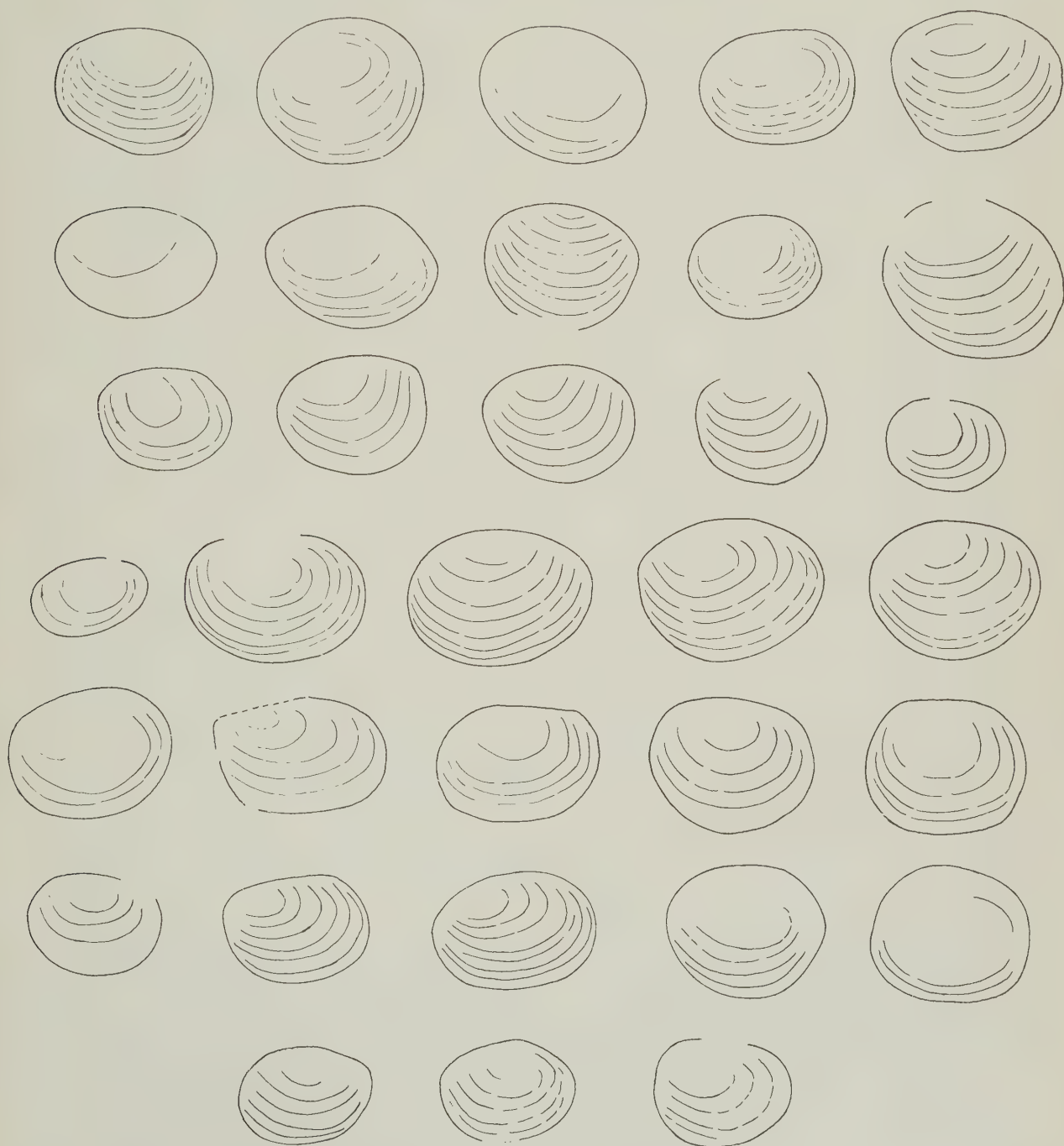


FIG. 7. — *Estheria* du sondage de La Motte. $\times 9$.

sortes d'*Estheria* dans les schistes qu'il sait être d'âge autunien et que toujours est confirmé par des fossiles végétaux l'âge autunien des schistes où il a trouvé, dès le premier coup de marteau, ces *Estheria*. C'est pour lui — du moins en Europe occidentale — un bon fossile caractéristique, un guide sûr. Aussi, malgré une nomenclature qui lui est devenue hermétique admet-il implicitement la notion d'une « espèce » de valeur stratigraphique : il continue à l'appeler *E. tenella*, même s'il s'agit en réalité d'une famille ou d'un groupe.

Nous pensons que le deuxième point de vue est plus proche de la réalité des faits. Mais alors, il doit être possible de dégager les caractères essentiels qui, à travers le polymorphisme des carapaces, en font une seule et même espèce.

Posons d'abord en principe, et ceci nous semble ne pouvoir raisonnablement être mis en doute, que sur une même plaque schisteuse, tous les individus d'une même population¹ appartiennent à la même espèce, à la rigueur peut-être, à deux ou trois espèces différentes...².

Une difficulté apparaît clairement : c'est que mis en présence d'une plaque couverte d'*E. tenella* et d'une autre couverte d'*E. simoni* on n'hésitera pas à les reconnaître. Par contre, si on ne dispose que d'un individu isolé de l'une ou de l'autre espèce, la détermination est déjà beaucoup plus hasardeuse ; elle devient franchement impossible pour peu qu'il s'agisse d'un individu jeune ou quelque peu déformé.

Il faut donc bien envisager des déterminations fondées non sur un individu, mais sur une population. C'est bien ce qui se passe dans la réalité puisqu'on dispose pratiquement toujours de plaques schisteuses couvertes d'individus très nombreux (on pourrait presque avancer qu'un des caractères les plus constants d'*E. tenella* est de se présenter en population...).

Biométrie. L'établissement d'un diagramme de dispersion semble ici indiqué. Pour que les résultats en soient significatifs, il ne faut pas travailler sur un choix orienté vers les plus beaux spécimens. Il faut utiliser tous les individus, même ceux qui sont ou paraissent déformés, sous peine de truquer le diagramme en éliminant tous ceux qui ne sont pas conformes à l'idée qu'on se fait *a priori* de l'espèce.

On a donc mesuré les tests des échantillons figurés dans cette note, sur macrophotos $\times 10$, et établi le diagramme de la fig. 8 avec H (hauteur maximale) et L (longueur max.). Bien entendu, il aurait été souhaitable de mesurer plutôt la longueur de la ligne cardinale, ou la position de l'umbo, mais ces dernières mesures

auraient postulé une part non négligeable d'interprétation ; et il est préférable d'avoir une biométrie peut être un peu frustrée, mais rigoureusement objective (en ce sens qu'elle traduit fidèlement l'état actuel des pièces).

Le diagramme ainsi obtenu est complété par les figures de la bibliographie, mesurées de la même façon.

On voit tout de suite que la centaine d'individus mesurés restent groupés en un nuage homogène. Ceux qui s'en écartent sensiblement correspondent à des tests d'évidence très déformés.

Il ne s'y individualise pas de groupement particulier pouvant traduire l'existence d'espèces différentes. On peut seulement observer qu'à partir d'une certaine taille, les individus d'un même gisement (La Motte, les Bois) montrent une tendance — à vrai dire faible, mais bien perceptible — à se séparer en deux rameaux, à se répartir à l'intérieur de deux ellipses (qui correspondraient aux deux types cycladiforme et telliniforme).

Ainsi, même si ce que nous appelons *Estheria tenella* déborde le cadre de l'espèce, il s'agit bien d'une entité paléontologique, d'âge autunien, dont la valeur stratigraphique est certaine en Europe occidentale ; il nous semble possible de définir ainsi ses populations :

Les carapaces sont convexes, suboblongues à subovales, et variant d'un ovale plus ou moins inégal à une allure subquadrangulaire. Le crochet se trouve vers l'avant, ou dans le tiers antérieur de la ligne charnière ; cette dernière est plus ou moins courbe, ou droite sur tout ou partie de sa longueur, les bords antérieur et postérieur sont arrondis.

Ces carapaces sont toujours de petite taille (2 à 4 mm de longueur), et très fragiles, si bien qu'elles sont ordinairement fripées et déformées. Le reticulum intercostal est dans quelques cas encore vaguement discernable ; mais il est difficile de savoir jusqu'à quel point il ne s'agit pas d'une apparence liée à cet aspect fripé. La

1. Le terme de « population » étant à la fois l'un des plus employés et des plus vagues de la biologie, il n'est pas inutile de préciser qu'il est pris ici dans le sens de « ensemble des individus provenant d'un même gîte fossilifère ».

2. Dans un travail récent [Feys, 1953], j'attire l'attention sur des carapaces de Phyllopoètes éparpillés et déformés sur des plaques schisteuses du Carbonifère briançonnais (zone intra-alpine des Alpes françaises). Pour illustrer le phénomène du polymorphisme apparent, lié à l'éirement tectonique du support schisteux, un choix de 6 individus étaient figurés dans cette étude. Mais pour Novojilov [1956, p. 62], parmi ces formes, on trouve les représentants de plusieurs genres. Le désaccord entre les deux conceptions est fondamental.

densité des cotes concentriques d'accroissement est très variable.

Tous les individus jeunes (de petite taille et à petit nombre de stries concentriques) sont assez semblables et sensiblement ovales. C'est

chez les individus de plus grande taille que s'accroît le polymorphisme, que ce phénomène soit lié à une différenciation sexuelle, à plus de capacité pour les déformations, ou aux deux causes à la fois.

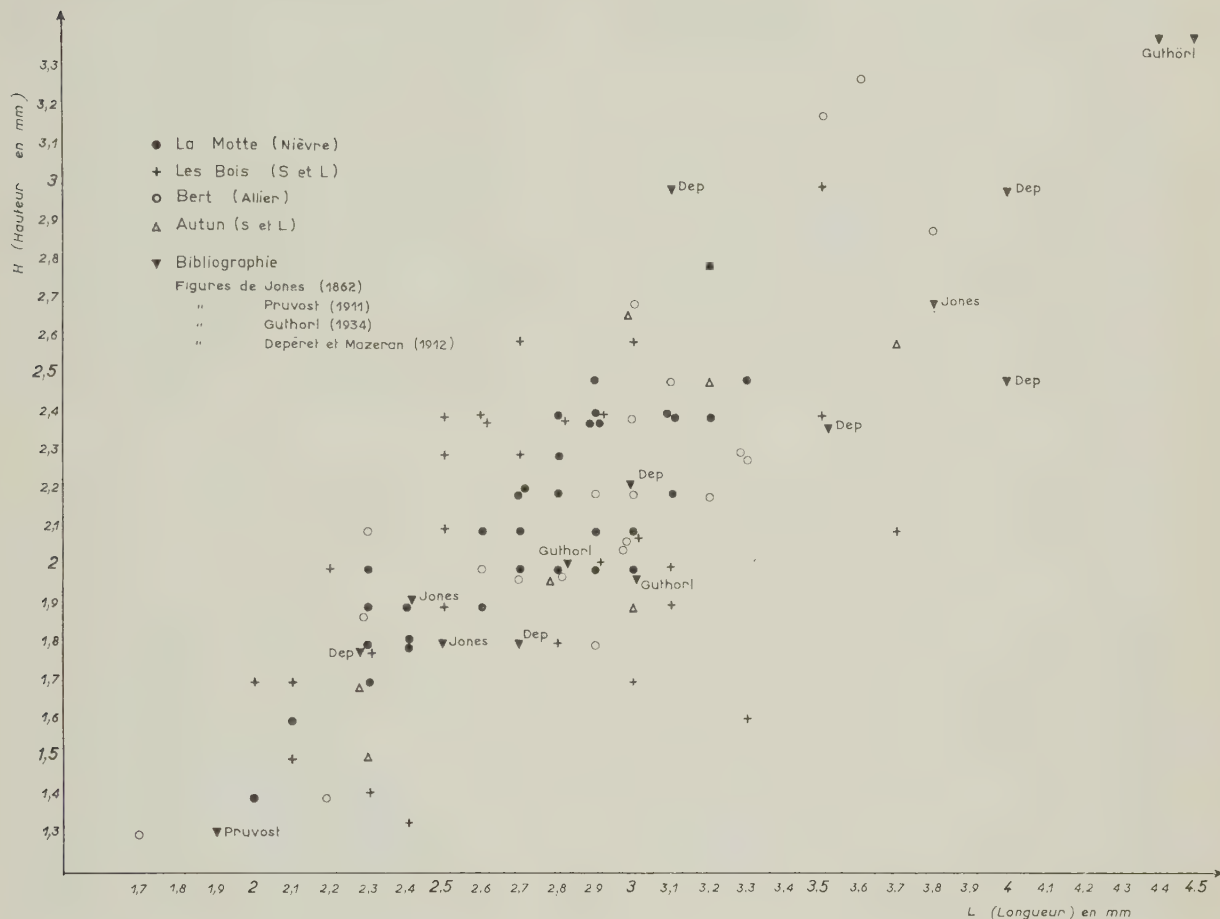


FIG. 8. — Diagramme de dispersion.

Bibliographie.

- BIGOT A. et PRUVOST P. (1925). — Contribution à l'étude du Houiller et du Permien du Cotentin. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 7^e sér., vol. VIII, p. 25-40.
- BRONN H. G. (1850). — *Gampsonyx fimbriatus* JORD. aus der Steinkohlen Formation Saarbrücken und dem Murg-Thal. *Neues Jahrb. Mineralogie*, p. 575-583.
- DEFRETIN S. (1950). — Sur quelques *Estheria* du Trias français à faciès germanique et de l'Hettangien. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. LXX, p. 214-227, pl. 8 et 9.
- DEFRISE-GUSSENHOVEN E. et PASTIELS A. (1957). —

- Contribution à l'étude biométrique des *Lioestheriidae* du Westphalien supérieur. *Publ. Ass. Étud. Pal. Strat. houil.*, Bruxelles, n° 31.
- DELAFAON F. (1922). — Tectonique du Massif central. *Bull. Serv. Carte géol. France*, t. 25, n° 144.
- DEPÉRET Ch. et MAZERAN P. (1912). — Les *Estheria* du Permien d'Autun. *Bull. Soc. Hist. nat. Autun*, n° 25, p. 165-174, pl. V.
- FEYS R. (1953). — Présence de *Leaia tricarinata* M. et W., associée à *Estheria simoni* PRUVOST dans le terrain houiller briançonnais. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. 73, p. 153-160, pl. IV.

- FRITSCH A. (1901). — Fauna der Gaskohle und der Kalksteine der Permformation Böhmens. Prague, 4^o Bd, p. 77-79, pl. 160.
- GOLDENBERG F. (1873-1877). — *Fauna saraepontana fossilis*. Die fossilen Thiere aus den Steinkohlenformation von Saarbrücken. 2 H Saarbrücken, 80 p., 4 pl.
- GUTHORI P. (1931). — *Estheria drummi nov. sp.* und *Estheria obenaueri nov. sp.* (Crust. Phyllop.) aus den Lebacher Schichten der Saarläudischen Rothliegenden. *Jahrb. u. Mitt. Oberzh. geol. Ver.*, Stuttgart, N. F., Bd 20.
- (1934). — Die Arthropoden aus dem Carbon und Perm des Saar-Nahe-Pfalz Gebietes. *Abh. preuss. geol. Landesanst.*, N. F., H. 164.
- JONES T. R. (1862). — A monograph of the fossil *Estheriae*. *Paleontogr. Society London*.
- KOBAYASHI T. (1954). — Fossil Estherians and allied fossils. *Journ. Fac. Sc. Univ. Tokio*, sect. II, vol. IX, part. 1, 192 p.
- LAURENTIAUX D. (1946). — La faune continentale des marnes de Tchakras (Asie Mineure). *Ann. Soc. géol. Nord.*, t. 66, p. 213-235, pl. II-III.
- NOVOJILOV N. (1956). — Crustacés phyllopoïdes bivalves. I : *Leaïidés*. *Ac. Sc. U. R. S. S., Trav. Inst. Pal.*, t. 61 (traduction C. E. D. P., n^o 1581).
- PAREYN Cl. (1954). — Le bassin houiller de Littry (Calvados). *Publ. Bur. Rech. géol. et géoph.*, n^o 14.
- PRUVOST P. (1911). — Note sur les Entomostracés bivalves du terrain houiller du Nord de la France. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. XL, p. 60-80, pl. I et II.
- (1914). — Découverte de *Leaia* dans le terrain houiller du Nord et du Pas-de-Calais. Observations sur le genre *Leaia* et ses différentes espèces. *Ibid.*, t. 43, p. 254-281, pl. II.
- (1919). — Introduction à l'étude du terrain houiller du Nord et du Pas-de-Calais. La faune continentale du terrain houiller du Nord de la France. *Mém. Expl. Carte géol. dét. France*.
- (1922). — Les divisions paléontologiques dans le terrain houiller de l'Europe occidentale d'après les caractères de la faune limnique. *C. R. 13^e Congr. géol. intern. Belgique*, 2^e fasc., p. 639-653, pl. V.
- RAYMOND P. E. (1946). — The genera of fossil Conchostaca. An order of bivalved Crustacea. *Bull. Mus. comp. Zool. Harvard College*, vol. 96, n^o 3.
- WATERLOT G. (1934). — Étude de la faune continentale du terrain houiller sarro-lorrain. *Etude Gîtes minéraux France*.

LÉGENDE DE LA PLANCHE XVI.

Une population d'*Estheria tenella*, récoltée au sondage de La Motte (Nièvre), profondeur 1 015 m. × 10.

Plutôt qu'un choix des plus beaux échantillons de divers gisements, on a préféré reproduire ici l'ensemble d'une population d'un seul gisement bien déterminé, car cela donne une meilleure idée de l'espèce.

Certains échantillons sont figurés deux fois, avec des éclairages différents, pour rendre plus apparents des détails de structure.

Stratigraphie et tectonique du bassin houiller de Montvicq (Allier)

par Pierre FREYTET *.

Sommaire. — Le petit bassin houiller de Montvicq (Allier) s'est formé à la suite du remplissage d'un petit lac de montagne par des sédiments détritiques déposés sous le faciès deltaïque. La série débute par un poudingue de base surmonté de grès, schistes et couches de houille ; cette formation vient se terminer irrégulièrement en biseau dans un poudingue marginal, situé sur le bord est du bassin, là où débouchaient les torrents qui furent à l'origine de la sédimentation. La subsidence a affecté la partie sud du bassin, tandis que le volcanisme s'est manifesté par des coulées andésitiques interstratifiées à mi-hauteur dans la série.

La phase orogénique post-houillère a redressé le bord sud du bassin, et a subdivisé la cuvette de sédimentation en deux cuvettes tectoniques séparées par un accident majeur central, dirigé E-W, assimilable à un anticlinal faillé et localement plissé.

I. INTRODUCTION. — Le petit bassin houiller de Montvicq (Allier)¹ est situé dans le Nord du Massif central, à 8 km au NE du bassin de Commentry (fig. 1 A). Il mesure 4,7 km dans le sens E-W et 6 km dans le sens NE-SW. L'exploitation houillère a débuté vers 1796 et vient d'être abandonnée en 1954. La période d'activité maximale se situe entre 1865 et 1905, avec une production annuelle moyenne de l'ordre de 300 à 350 000 tonnes.

Le bassin est mentionné dès 1797 dans le *Journal des Mines*. Boulanger [1844] décrit les premières exploitations. Maillat [1894] fait une étude géographique et économique des trois communes du bassin (Montvicq, Doyet et Bézenet). Deux notes inédites du Service des mines de Clermont-Ferrand [Anonyme, 1891 ; Auber, 1911] et une description de Desrousseaux [1937] concernent l'ensemble du bassin. Diverses observations relatives à la stratigraphie, aux épanchements andésitiques, au socle, à la couverture, ont été consignées dans un certain nombre de publications que j'indiquerai en cours d'exposé.

II. LE SUBSTRATUM DU HOUILLER. — Le bassin houiller de Montvicq (fig. 1) repose au Sud sur le granite porphyroïde de Montmarault [Bessoles, 1951] ; à l'Est, au Nord-Est et au Nord-Ouest, sur de petits massifs cartographiés gneiss ou micaschistes par De Launay² [1888 c] ; cet auteur remarque ailleurs [1888 b] qu'on observe souvent dans la région des passages progressifs d'une roche à l'autre. Bessoles [1951]

ne mentionne pas ces trois massifs, mais les considère³ comme analogues aux enclaves de granite dynamométamorphisé qu'il a reconnues plus au Nord-Est (massifs de La Verpillière, Fougères, Meillers-les-Terres, Le Montet).

III. LA COUVERTURE DU HOUILLER : LE SIDÉROLITHIQUE. — Le terrain houiller est recouvert par du Sidérolithique au Nord (région de Lourtiaux) et à l'Ouest (environs de Saulzet) ; trois plaques de la même formation se trouvent à Rongère, au puits Sainte-Marie de Montvicq et aux Chauvais (fig. 1).

Boulanger [1844] décrit la roche et la considère comme un grès tertiaire. De Launay [1888 a, 1888 c] ; la nomme *arkose de Cosne* et la range

* Note présentée à la séance du 2 mai 1960.

1. La flore fossile du bassin, d'âge stéphanien supérieur, a été étudiée [Freytet, 1959]. Je remercie chaleureusement M. G. Bideau, géomètre de la Société anonyme des houillères de Bézenet (1941-1954), M^{me} Acker et M. Thuizat, secrétaires de Mairie à Montvicq et Bézenet. M. R. Feys, Ing.-géol. au Bureau de recherches géologiques et minières (B. R. G. M.), M. Cluzel, géomètre de l'ancienne Compagnie des forges de Fourchambault, Commentry et Neuves-Maisons, M. Ch. Monomakoff, chef du Service « Géologie et gisement » des Charbonnages de France, pour tous les documents qu'ils m'ont gracieusement communiqués ; M. le Professeur P. Pruvost, enfin, pour tous les conseils qu'il m'a donnés au cours de cette étude.

2. Massif du puits Chatonin à l'Est (micaschiste), massif de Villépèze au Nord-Est et massif de la tranchée de chemin de fer de Doyet au Nord-Nord-Ouest (gneiss). Deux plaques minces ont été effectuées par le B. R. G. M. (n^{os} 12 425 et 12 426) à partir d'échantillons en provenance de la carrière du puits Chatonin ($x = 640,300$; $y = 147,600$).

3. Renseignement oral.

dans l'Autunien (notation r_{IIa}), à la suite de la découverte de plantes permo-houillères au puits Sainte-Marie de Montvicq et près de Buxières-les-Mines, mais tout en remarquant sa grande ressemblance avec le Sidérolithique de la vallée du Cher. P. Pruvost, L. Bougnières et M. Deschamps [1955] ont nettement montré l'appartenance à l'Éocène de l'*arkose de Cosne* ; les plantes trouvées à Montvicq étaient incluses dans des

schistes stéphaniens remaniés, tandis que près de Buxières, De Launay avait attribué à l'*arkose de Cosne* ce qui est en réalité le conglomérat de base des schistes autuniens de Buxières (arkose blanche de la Moullière).

IV. STRATIGRAPHIE DU HOULLER. — 1. *Données pétrographiques.* Le bassin a été comblé par les sédiments détritiques classiques (déposés

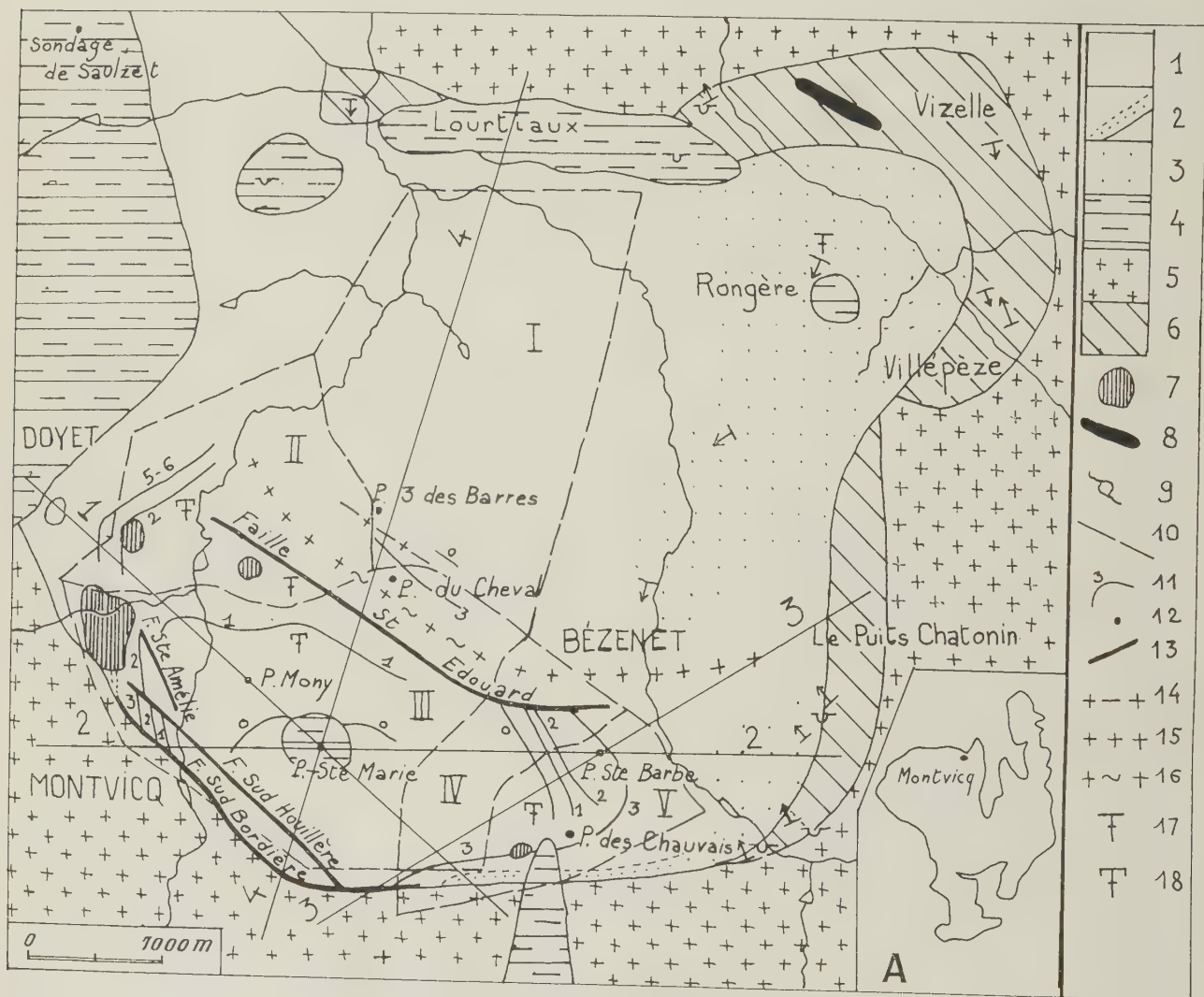


FIG. 1. — Bassin de Montvicq.

1 : Houiller ; 2 : poudingue de base ; 3 : poudingue marginal ; 4 : Sidérolithique ; 5 : granite porphyroïde de Montmarault ; 6 : granite dynamométamorphisé ; 7 : diorite ; 8 : filon de quartz à manganèse de Vizelle ; 9 : hydrographie (ruisseau et étang) ; 10 : limite de concession (I : La Souche ; II : Doyet ; III : Montvicq ; IV : L'Ouche ; V : Bézenet) ; 11 : affleurement d'une couche de houille ; 12 : puits de mine ; 13 : faille ; 14 : charnière synclinale de la cuvette de la Souche ; 15 : accident majeur (anticlinal simple) ; 16 : accident majeur (anticlinal plissoté) ; 17 : gîte fossilifère en place ; 18 : gîte fossilifère

En A : Le bassin de Montvicq dans le Massif central.

ici sous le faciès deltaïque), poudingues, parfois à très gros éléments⁴, grès et schistes, avec tous les intermédiaires entre ces trois catégories de roches ; les galets sont le plus souvent en granite porphyroïde, parfois en granite dynamométamorphisé, en quartz blanc, en grès houiller ou en andésite, ces derniers seulement dans les couches postérieures aux coulées [Fayol, 1888 b, p. 1064]⁵. Les couches de houille, au nombre de huit, sont intercalées dans la série. La composition moyenne de la houille, tirée de 4 analyses citées par Boulanger [1844] donne les chiffres suivants :

Matière volatiles.....	38 à 49	o/o
Coke { cendres.....	3 à 10	o/o
charbon.....	51 à 57	%

On trouve également de la sidérose dans les grès et les schistes, diffuse ou à l'état de rognons. Selon Desrousseaux [1937], la concession de l'Ouche (fig. 1) avait été primitivement accordée en vue de son exploitation, très rapidement abandonnée.

2. *La sédimentation deltaïque.* Elle a été étudiée en détail par Fayol [1886, 1888 a] dans le bassin voisin de Commentry. Je ne reprendrai pas ici l'exposé de cette théorie, désormais classique, je me contenterai d'en signaler quatre aspects caractéristiques observés à Montvicq :

— le mur et le toit des couches de houille sont indistinctement gréseux ou schisteux (coupe du puits des Chauvais) ; les couches de houille sont peu nombreuses, irrégulières et parfois très épaisses.

— la grande couche de Bézenet (couche n° 3), dont la puissance moyenne est de 4 à 6 m, était épaisse de 40 m à son affleurement extrême vers l'Est. Cet amas de houille provient d'un glissement de terrain sous-lacustre analogue à celui décrit par Fayol à Commentry [1886, pl. II, fig. 8 ; 1888 a, p. 973, coupe n° 8] ;

— l'extension des couches déposées est très variable : à Montvicq, les couches 2 et 3 sont confondues dans le N de la concession ; elles sont séparées par plus de 50 m d'entre-banc dans le Sud (fig. 2, coupe 1) ; la formation détritique qui les sépare dessine un biseau d'extension réduite ;

— une carrière de remblaiement ouverte à Doyet a fourni des troncs végétaux déposés dans n'importe quelle position, ce qui indique un transport [Fayol, 1888 b, p. 1026].

La coupe du puits des Chauvais montre le substratum du Houiller (granite porphyroïde), le poudingue de base, épais ici de 15 m, des intercalations de poudingue peu

épaisses à divers niveaux, la prédominance des grès à la base et des schistes au sommet, l'existence de houille à divers niveaux, la constitution variée du mur et du toit des couches de houille.

0 - 48 m	: grès, grès schisteux, schistes.
48 - 48,6	: houille (couche n° 3) ; au toit, schiste à veines gréseuses ; au mur, schistes charbonneux.
48,6- 95,03	: grès et schistes.
95,03- 98,45	: grès schisteux, houille (20 cm), grès charbonneux.
98,45-215,66	: grès et petits bancs de poudingue.
215,66-215,86	: houille ; au toit, grès blanc.
215,86-218,69	: schiste à veines de grès, grès noirâtre.
218,69-242,78	: poudingue massif.
242,78-244,13	: grès, schiste noir.
244,13-260	: granite, quartz blanc.

3. *Les poudingues.* Ils se présentent sous trois formes stratigraphiques : de petites intercalations peu épaisses (1 m environ) à n'importe quel niveau de la série, un poudingue de base et un poudingue marginal.

Le poudingue de base affleure à Montvicq ($x = 636, 125$; $y = 147,900$) et au SE du bassin (fig. 1) ; son épaisseur moyenne est de 15 à 20 m. A l'Est, il n'est pas séparable du poudingue marginal. Il a été rencontré au fond de nombreux puits, que ceux-ci aient touché ou non le substratum (coupe du puits des Chauvais). Enfin, le sondage de Saulzet (dans l'angle nord-ouest de la fig. 1) ne l'a pas rencontré, comme le montre la coupe suivante [Desrousseaux, 1937] :

0 à 16,5 m	: grès bariolé (de Cosne) ;
16,5 à 150	: grès schisteux stérile, à pendage décroissant vers le bas ;
150 à 169	: grès massif non stratifié ;
169 à 170	: granite.

La coupe n° 1 (fig. 2) résume l'extension de ce poudingue vers le Nord-Ouest.

Les vastes affleurements du poudingue marginal situés à l'E et au NE du bassin sont constitués par des bancs de poudingue séparés par des niveaux de grès et de schistes⁶. Cette formation passe latéralement aux couches détritiques fines du bassin ; la limite des deux sédimentations est capricieuse, tantôt les grès et

4. Un affleurement sur le talus de la route de Bézenet à Villefranche ($x = 639,750$; $y = 149,400$) montre un banc de poudingue avec des galets atteignant 35 cm de diamètre.

5. La coupe du puits 4 des Barres montre en 105 et 114 m un banc de grès grossier à nodules de « diorite » (andésite).

6. Le niveau des Schistes de Rongère a fourni une flore intéressante [Freytet, 1959]. Une bonne coupe du poudingue marginal s'observe sur le talus de la route du puits Chatonin (région $x = 640$; $y = 147,5$), de l'étang de Bézenet à la carrière du puits Chatorin, déjà citée (note 2), où l'on voit le contact du Houiller sur le granite dynamométamorphisé.

schistes viennent se terminer dans les poudingues, tantôt c'est le poudingue qui envoie de minces avancées très loin dans le bassin, et à n'importe quel niveau dans la série. Mal-

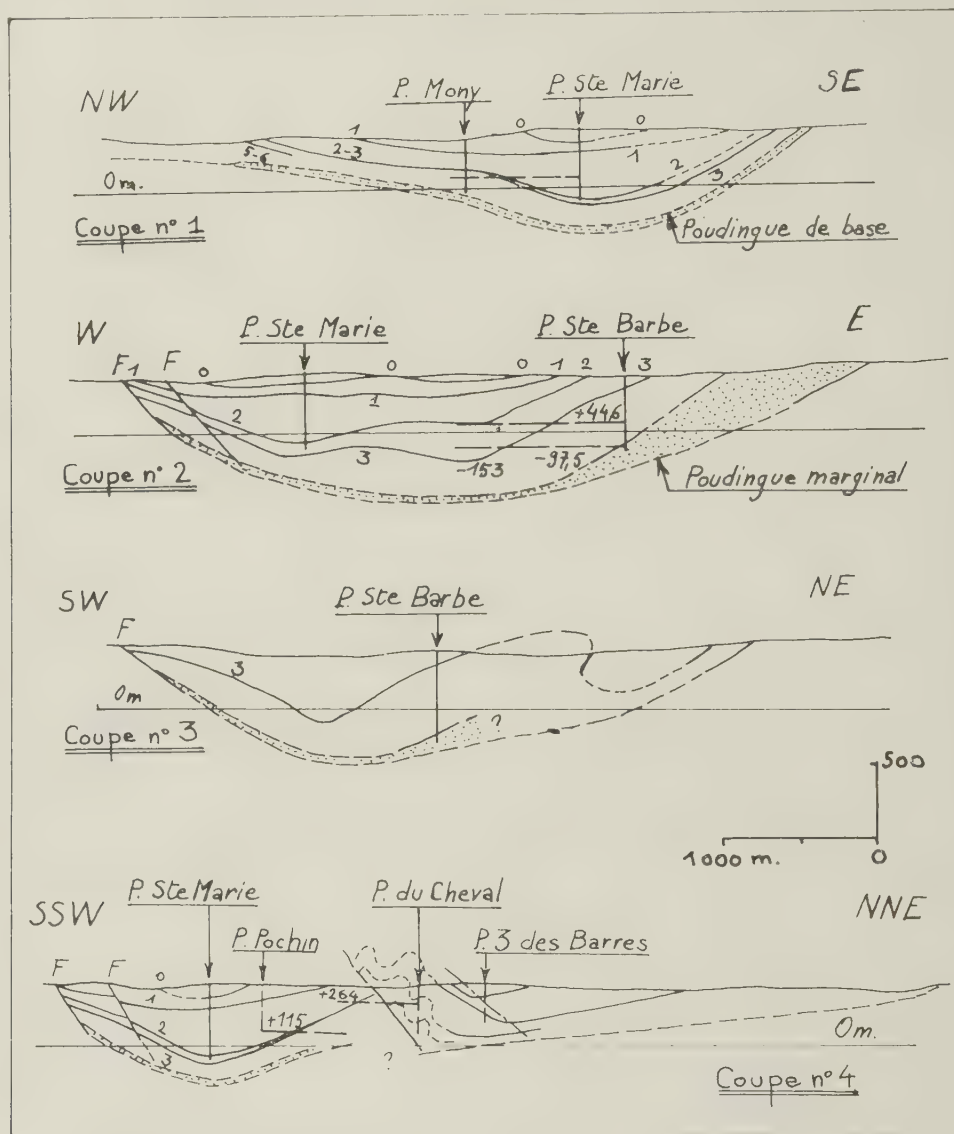


FIG. 2. — Coupes du bassin de Montvicq.

heureusement, ces passages latéraux ne peuvent être suivis dans le détail⁷ par suite de l'absence de travaux suffisamment étendus dans ces régions; les nombreux sondages effectués [Desrousseaux, 1937, carte du bassin de Montvicq] ont rencontré des couches variées, à poudingues prédominants, avec parfois de la houille, mais inexploitable⁸. Les recherches ont été rapidement abandonnées.

4. Formation et comblement du bassin. De

7. A Saint-Étienne, les couches de houille viennent se terminer dans les poudingues marginaux [Pruvost, 1947]; c'est par comparaison avec ce bassin que j'interprète les faits observés à Montvicq.

8. Il apparaît à l'examen de la coupe n° 2 (fig. 2) que les terminaisons vers l'Est des couches n° 0 à 3 ont été enlevées par l'érosion, ce qui explique la stérilité du poudingue marginal. La coupe n° 3 montre qu'à la faveur d'un ennoyage local, la couche n° 3 a été conservée très loin dans le poudingue. La fig. 3 représente l'allure des couches à la fin du comblement du bassin.

Launay [1888 b, carte p. 1045] supposait que les lacs houillers de Commentry, Montvicq et Villefranche s'étaient formés dans des synclinaux du socle, dirigés NE-SW, mais cela n'explique pas les barrières entre les divers lacs. Il vaut mieux parler de lignes de hauteurs et de dépressions instables envahies par des lacs, où vont s'accumuler les sédiments détritiques des torrents résultant de ce « rajeunissement du relief ».

Le lac de Montvicq, communiquant au Nord-Ouest avec le lac de Villefranche d'Allier, reçoit de puissants torrents descendus de hauteurs situées à l'Est du lac, comme le montre la grande épaisseur des poudingues sur ce côté du bassin. Les tout premiers dépôts très grossiers se répandent uniformément sur le fond du lac, et constituent le poudingue de base, épais de 15 à 20 m. Au-dessus, vient une sédimentation où les grès prédominent. Ces grès sont transgressifs

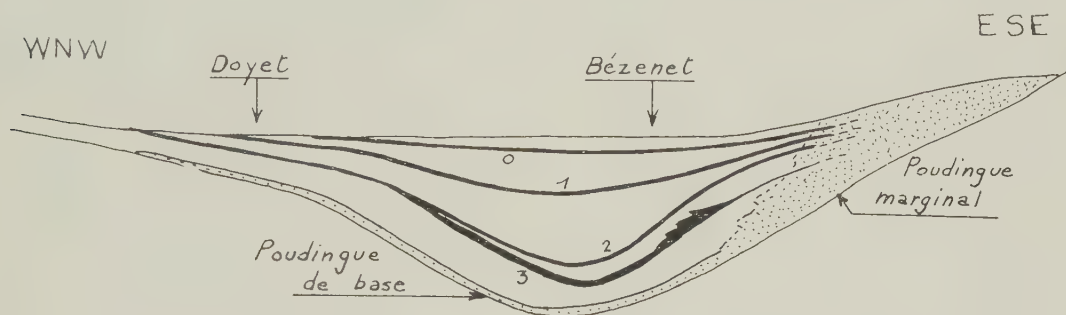


FIG. 3. — Allure du bassin à la fin de son comblement.

vers le Nord-Ouest (à Saulzet, ils reposent directement sur le granite), à l'Est, ils passent latéralement au poudingue marginal.

La région de Saulzet ne tarde pas à émerger, isolant un lac dont le fond s'abaisse par subsidence dans sa partie sud-ouest (voir plus loin la description de la cuvette de Montvicq, et fig. 2, coupe 1 et fig. 3). La sédimentation devient plus fine, mais il subsiste de temps en temps des venues de sables et de galets. Dès que le lac est isolé, les dépôts y sont partiellement du type annulaire [Pruvost, 1947] : la sédimentation végétale se cantonne dans le S et l'W du bassin (zone productive = cuvette de Montvicq et SW de la cuvette de la Souche) et passe au Nord à des dépôts plus argileux (zone de schistification de la houille = zone stérile : cuvette de la Souche sauf sa partie sud-ouest).

Des accidents contemporains de la sédimentation se produisent, tels que l'amas de la Grande couche à Bézenet. Le volcanisme se manifeste par des coulées de « dioritrine ». La subsidence cesse, le bassin achève de se combler, le pendage des couches décroît, les dernières se déposent horizontalement (fig. 3).

5. La « dioritrine ». Quelques coulées de « dioritrine » sont interstratifiées à mi-hauteur dans

les sédiments houillers ; on en trouve des galets dans les couches supérieures aux coulées. Il existe 4 affleurements de cette roche près de Doyet, et un autre aux Chauvais. La « dioritrine » est signalée par Boulanger [1844] ; De Launay [1888 c] la nomme porphyrite micacée et la range dans le groupe des porphyrites ortho-phyriques à microlithes d'orthose. Actuellement, on peut la désigner par : andésite à faciès paléovolcanique.

Gruner [1865] donne une coupe de la coulée du Grand Domaine à Doyet. Cette coupe montre l'existence d'une petite cuvette secondaire à l'extrémité ouest de la cuvette de Montvicq.

De Launay [1888 a] suppose que les éruptions sont rigoureusement de même âge à Commentry et à Montvicq, et affirme que le bassin de Montvicq (coulées interstratifiées) est un peu plus récent que celui de Commentry (coulées postérieures au comblement). Nous verrons plus loin comment nous pourrions compléter cette donnée.

V. TECTONIQUE DU BASSIN. — Le plissement post-autunien a affecté le bassin d'une part en redressant le bord sud (d'une manière souple au Sud, avec des failles en gradins au Sud-Ouest), d'autre part en remplaçant la cuvette sédimentaire primitive par deux cuvettes tectoniques (cuvette de Montvicq au Sud, cuvette

de la Souche au Nord), séparées par un accident majeur central, dirigé NW-SE, puis E-W au centre du bassin.

1. *Éléments tectoniques du socle.* Les failles que Bessoles [1951] a décrites dans le granite de Montmarault ne nous intéressent pas ici. J'ai relevé un certain nombre de pendages dans les petits massifs dynamométamorphisés qui bordent le bassin. Ces pendages sont approximativement les mêmes que ceux du Houiller le plus proche, sauf au moulin de Villépèze ($x = 641,200$; $y = 150,000$); ils dessinent à Villépèze un synclinal dirigé E-W, et un anticlinal E-W bordant le bassin au Nord. Je ne leur accorde qu'un intérêt réduit, car ils n'apportent pas de renseignements supplémentaires pour le bassin de Montvicq. Par contre, ils pourraient être utiles dans une synthèse régionale, analogue à celle de De Launay [1888 b], retraçant l'évolution des lacs houillers de la région.

2. *Éléments tectoniques du Houiller.* Ce sont les trois failles de glissement situées dans le SW du bassin, les deux cuvettes tectoniques et l'accident majeur qui les sépare.

a) Les failles sont : la faille Sainte-Amélie, la faille sud-houillère et la faille sud-bordière.

— La faille Sainte-Amélie vraie (non celle de Desrousseaux [1937]) est courte (300 m); elle pend fortement vers l'Est-Nord-Est et se situe dans le quartier Sainte-Amélie où les travaux sont abandonnés depuis 1850⁹. Son rejet est faible, de l'ordre d'une dizaine de mètres.

— La faille sud-houillère (= faille Sainte-Amélie de Desrousseaux [1937]) affecte uniquement le Houiller. Elle est longue (1 500 m), son inclinaison est de 70° vers le Nord-Est, son rejet peut atteindre une centaine de mètres.

— La faille sud-bordière (non signalée par Desrousseaux) se déduit des coupes de mine; elle amène en contact anormal Houiller et granite. Son existence est mentionnée par Fayol [1888 b] : « ...On s'arrête pour voir le plan de contact du granite et du terrain houiller, incliné à 50°; la désagrégation de la roche indique un glissement. »

b) La cuvette de Montvicq occupe le S et le SW du bassin. Elle a la forme d'un arc dirigé NW-SE dans sa partie ouest, puis E-W au centre et à l'Est. Elle repose sur le granite dynamométamorphisé à l'Est, par l'intermédiaire du poulingue marginal; sur le granite porphyroïde directement au Sud, et par faille au Sud-Ouest faille (sud bordière); à l'Ouest, elle conflue par une étroite bande avec la cuvette de la Souche,

de laquelle elle est séparée sur tout son bord nord par l'accident majeur central.

Elle est accidentée de petites cuvettes secondaires peu importantes (en particulier celle figurée par Gruner [1865] à propos de la « dioristine »). La partie centrale correspond à la zone subsidente du bassin : entre le puits Mony et la limite de concession de Bézenet et de l'Ouche, les dépôts ont plus de 550 m de puissance, alors qu'ils n'ont que 200 m à Doyet (fig. 2, coupe 1 et fig. 3).

La cuvette de Montvicq représente la partie productive du bassin. On a exploité à Doyet et à Montvicq huit couches de houille, certaines sur une très faible surface; à l'Ouche et à Bézenet, quatre couches seulement, dont la plus importante était la couche n° 3 (Grande couche de Bézenet).

Cette cuvette est bien connue stratigraphiquement et tectoniquement. Étant donnée sa forme en arc, il n'est pas possible de la représenter toute entière en longueur sur une même coupe; la fig. 3 schématise son allure avant le plissement du bassin.

c) La cuvette de la Souche est à peu près circulaire, et occupe la partie nord du bassin. Elle mesure 3,2 km N-S et 4 km E-W. Elle est régulièrement stratifiée, sauf sur son bord sud, constitué par l'accident majeur du bassin. Comme elle est pratiquement stérile, elle n'est pas connue avec une grande précision, sauf au Sud-Ouest, à Doyet.

Sa partie centrale (S de la concession de la Souche) a une structure synclinale un peu spéciale. Desrousseaux [1937] signale qu'au puits 3 des Barres, le pendage normalement sud-ouest des couches s'inverse à partir de 85 m de profondeur pour devenir nord-est. Les ingénieurs de l'époque y voyaient une discordance de stratification située entre les couches n°s 2 et 3. Je rejette cette hypothèse, car l'ensemble cuvette et accident majeur s'explique très bien par la tectonique d'écoulement des bassins houillers. Pour moi, la cuvette de la Souche est un synclinal de charnière NW-SE et dont l'axe est oblique et plonge vers le Nord-Est (fig. 4). Le puits 3 des Barres a recoupé cet axe à 85 m, les couches situées au-dessus pendent vers le Sud-Ouest, celles qui sont en dessous vers le Nord-Est.

d) L'accident majeur central est dirigé WNW-ESE dans sa moitié ouest et E-W dans sa moitié

9. Renseignement oral de M. Cluzel.

est ; il est assimilable en première approximation à un anticlinal faillé (faille Saint-Édouard) et localement plissé.

La faille Saint-Édouard sépare le bord sud de la cuvette de la Souche de la cuvette de Montvicq. Elle a été suivie dans les travaux miniers du bourg de Bézenet au milieu de la concession de Doyet, où elle se termine dans une petite cuvette tranquille (zone de confluence des cuvettes de Montvicq et de la Souche) comme le montre la disposition des affleurements des couches de houille sur son bord ouest. Selon Desrousseaux « ... la faille Saint-Édouard,

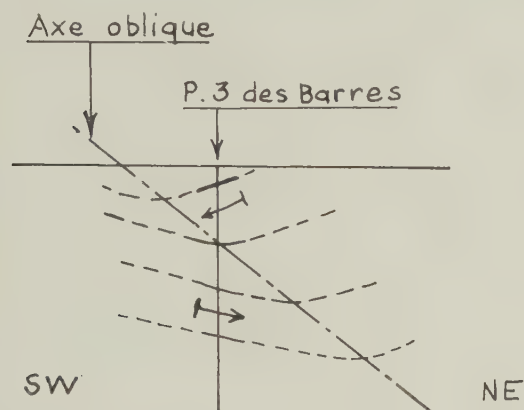


FIG. 4. — Pendage des couches au puits 3 des Barres.

assez plate et pendant au Nord, correspond à un rejet inverse de quelques 60 m ». Ceci ne vaut que pour la concession de Doyet car, très rapidement, elle se redresse (région du puits du Cheval).

L'accident majeur se suit sur 3,5 km, du puits Chatonin à Doyet. On peut résumer son évolution dans l'espace en 4 schémas :

— fig. 5 a : à l'E du bassin, dans la région est de la coupe 3 (fig. 2), l'accident est un anticlinal simple ;

— fig. 5 b (correspond à la coupe 4, fig. 2) : le puits du Cheval a rencontré sur plus de 300 m une série confuse avec dressants et brouillages. L'anticlinal s'est plissé et vient butter contre la cuvette de Montvicq selon une surface irrégulière (faille Saint-Édouard) fortement inclinée vers le Nord-Est ;

— fig. 5 c : au milieu de la concession de Doyet, les déformations s'atténuent, l'accident est un anticlinal simple, dont le flanc sud est faillé par une faille inverse de plus en plus plate, dont le rejet diminue en allant vers l'Ouest.

— fig. 5 d : dans la zone de confluence des cuvettes de Montvicq et de la Souche, la faille

Saint-Édouard a disparu et l'anticlinal se réduit à une faible ondulation des couches.

3. *Tectonique dynamique du bassin.* Tout se passe donc comme si la cuvette synclinale primitive, d'origine sédimentaire, avait été remplacée par un anticlinal central, en gros E-W, simple à ses extrémités, plissé en son centre, et séparant deux cuvettes synclinales, d'origine tectonique cette fois : au Nord, la cuvette de la Souche, épaisse au maximum de 250 à 300 m ; au Sud, la cuvette de Montvicq, où les dépôts dépassent 600 m de puissance.

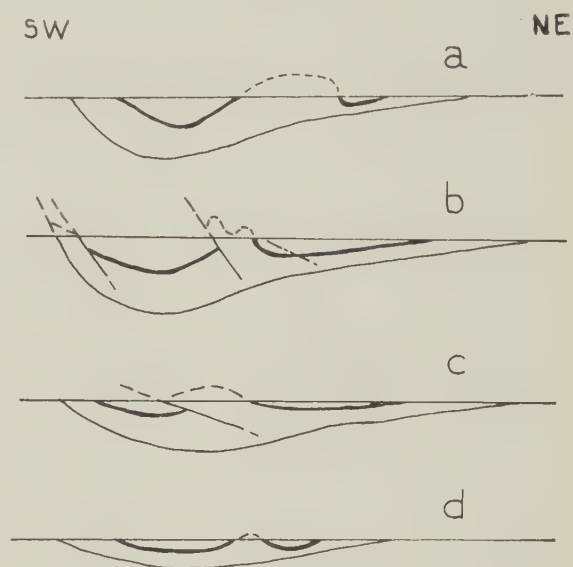


FIG. 5. — Évolution de l'accident majeur du bassin.

Il est incontestable que la déformation principale du socle est due à une compression qui a redressé le Sud et le Sud-Ouest du bassin, où l'on observe les plus forts pendages du Houiller et les failles de glissement en gradins.

Par contre, l'accident majeur, qui passe d'une série plissotée et confuse (puits du Cheval) à un anticlinal atténué et presque inexistant 2 km plus loin (Doyet), apparaît comme étant typiquement un accident interne du bassin, dont il faut chercher la cause dans l'extraordinaire plasticité des schistes houillers : le bassin a d'abord été soulevé au Nord avant le compression finale¹⁰, de telle sorte que les couches

10. Les récents travaux des géologues des Charbonnages de France mettent en évidence ce double mécanisme (tectonique de glissement ayant précédé la compression finale) dans la plupart des bassins limniques français (renseignement oral de M. le Professeur P. Pruvost).

de la Souche, en forme de calottes sphériques emboîtées les unes dans les autres ont glissé par gravité vers le Sud ; elles se sont heurtées aux couches de Montvicq, trois fois plus épaisses, coincées au fond de leur dépression subsidente dont elles épousent étroitement la forme. Au puits du Cheval, le contact a été brutal, et s'est accompagné de froissements et de plissements violents ; de part et d'autre, le front de glissement se réduit à une ondulation de plus en plus faible à mesure qu'on s'éloigne du centre du bassin.

Les pendages relevés dans le granite dynamométamorphisé n'apportent rien de bien nouveau. Le bassin est logé dans une dépression synclinale bordée au Nord et au Sud par deux anticlinaux dirigés en gros E-W, dont il serait

intéressant de suivre les variations de direction et les raccordements possibles avec d'autres structures tectoniques, dans le cadre d'une vaste étude régionale.

VI. RAPPORTS CHRONOLOGIQUES ENTRE LES BASSINS DE COMMENTRY ET DE MONTVICQ. — La flore indique pour ces deux bassins l'âge stéphanien supérieur (tabl. 1). Nous avons vu d'autre part que De Launay, se basant sur la position relative des coulées andésitiques par rapport à la série houillère, avait conclu à la légère antériorité du bassin de Commentry. La répartition des faciès grossièrement détritiques complétant les données volcaniques, suggère le schéma suivant (qui n'est qu'une hypothèse de travail) :

Bassin de Commentry	{		Couches 0 à 2	} Bassin de Montvicq
		Dioritine	Dioritine et couche 3	
		Delta de Montassiégé	Poudingue de base	
				
		<i>Rajeunissement du relief local</i>		
	{	Couches du Bourg et des Raynots.		

Il est peut-être possible d'étendre ces considérations à d'autres bassins voisins, dans la mesure où l'on peut se fier à des corrélations

appuyées sur des faciès pétrographiques, ce qui permettrait de préciser l'évolution paléogéographique de la région.

Couverture : Sidérolithique (par plaques).			
Déblais de mine de Bézenet	— Couche n° 0		
	— Couche n° 1		
Crassier du puits Mony	— Niveau de la galerie de Doyet à <i>P. unita</i> , <i>P. boutonneti</i>	Au dessus de la couche n° 3, prédominance des schistes, peu de grès, lits de poudingues peu épais (1 à 2 m)	Poudingue marginal où les couches du bassin viennent se terminer en biseau, d'où intercalations de grès et schistes peu épaisses.
Déblais de mine de Doyet	— Couche n° 2		
	— Niveau de Bézenet à <i>Asterophyllites equisetiformis</i>		
	— Couche n° 3 et dioritine		
	— Couches n° 4 à 7 (ramifications locales de la couche n° 3)	Au dessous de la couche n° 3, prédominance des grès, peu de schistes, lits de poudingues peu épais (1 à 2 m)	— Schistes de Rongère à <i>O. minor</i> , <i>O. bourranensis</i> , <i>C. pteridium</i> .
Poudingue de base.			
Socle cristallin : granite porphyroïde de Montmarault et granite dynamométamorphisé.			

TABLEAU 1 : Diagramme du bassin et répartition stratigraphique des flores. Flores de déblais : Bézenet, Doyet, puits Mony ; flores de niveaux en place : galerie de Doyet, niveau de Bézenet à *Asterophyllites equisetiformis*, schistes de Rongère (intercalés dans le poudingue marginal).

Bibliographie.

- AUBER (1912). — Note sur les houillères de Montvicq. Rapport inédit du service des mines de Clermont-Ferrand. Paris, Archives du B. R. G. G. M.
- ANONYME (1891). — Note sur les houillères de Bézenet. Rapport inédit du Service des mines de Clermont-Ferrand. Paris, Archives du B. R. G. G. M.
- BESSELES B. (1951). — Étude de la partie sud du Bourbonnais, à l'Est de Montluçon (Résumé du mémoire de Diplôme d'Ing. pétrogr., Univ. Clermont-Ferrand). *Revue Sc. nat. Auvergne*, t. 17, fasc. 1-4.
- BOULANGER (1884). — Statistique minéralogique et géologique du département de l'Allier. 1 vol., Moulins, Desrosiers.
- DESROUSSEAU J. (1937). — Bassins houillers et lignifères de France. *Statist. Ind. minér.*, Mémoire annexe, p. 196-200.
- DOUBINGER J. (1956). — Contribution à l'étude des flores autuno-stéphaniennes. Thèse. *Mém. Soc. géol. France*, nouv. sér., t. XXXV, n° 75.
- FAYOL H. (1886). — Études sur le terrain houiller de Commentry. I : Lithologie et stratigraphie. *Bull. Soc. Ind. min.*, 2^e sér., t. XV, 3^e et 4^e livr.
- (1888 a). — Résumé de la théorie des deltas et formation du bassin de Commentry. *B. S. G. F.*, (3), XVI, p. 968-978.
- (1888 b). — Réunion extraordinaire de la Société géologique de France dans l'Allier. C. R. de l'excursion du 22 août à Tizon, Montvicq et Bézenet. *Ibid.*, (3), XVI, p. 1026-1029.
- FREYTET P. (1959). — La flore fossile du bassin de Montvicq (Allier). *Ibid.*, (7), I, p. 227-229.
- GRUNER (1865). — Sur les roches trappéennes des bassins houillers (roche noire de Noyant, diorite de Commentry). *Ibid.*, (2), t. XXIII, p. 96-124.
- LAUNAY L. DE (1887). — Les porphyrites de l'Allier. *Ibid.*, (3), XVI, p. 84-102.
- (1888 a). — Étude sur les terrains permien de l'Allier. *Ibid.*, (3), XVI, p. 298-337.
- (1888 b). — Les dislocations du terrain primitif dans le Nord du Plateau Central. *Ibid.*, (3), XVI, p. 1045-1063.
- (1888 c). — Feuille de Moulins (146) au 80 000^e.
- LEFÈVRE, BAILLET, DUHAMEL, BESSON et MICHE (1797). — Tableau des Mines et usines de France. Département de l'Allier. *Journal des Mines*, Brumaire an V, p. 119.
- MAILLAT AL. (1894). — Géographie, histoire de Doyet, Montvicq, Bézenet, Villefranche (Allier). 1 vol., Montluçon, Impr. montluçonnaise.
- PRUVOST P. (1930). — Sédimentation et subsidence. In Livre jubilaire de la Société géologique de France, t. II, p. 544.
- (1947). — Le Stéphaniens du bassin de la Loire. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. 67, p. 279-295.
- PRUVOST P., BOUGNIÈRES L. et DESCHAMPS M. (1955). — L'arkose de Cosne. *C. R. Ac. Sc.*, t. 245, p. 1361.

Observations sur la sédimentation houillère

par Marguerite GRANGEON*.

Sommaire. — L'observation des particularités de sédimentation dans les bassins limniques et paraliques est susceptible d'apporter des éléments pour une reconstitution paléogéographique.

L'auteur décrit de nombreux types de sédimentation provenant, pour la plupart, de bassins limniques du Massif central.

La présente note a pour objet l'étude d'une importante collection d'échantillons de sédimentation conservée au Bureau de recherches géologiques et minières (B. R. G. M.).

Ces échantillons proviennent de sondages effectués au cours de la dernière décade dans différents bassins houillers d'âge autuno-stéphanien, plus particulièrement ceux de Blanzzy, Épinac et Decize, et représentent une centaine de kilomètres de carottes.

L'étude de ces sondages a montré combien il était difficile de décrire pétrographiquement les séries traversées : celles-ci sont en effet très monotones puisque constituées surtout par des schistes, des grès, des arkoses et des conglomérats formant parfois des bancs bien individualisés mais, bien souvent aussi, intimement mélangés.

Il est alors plus commode de relever, non plus la coupe pétrographique, mais une coupe sédimentologique. Il faut alors définir des types de sédimentation. L'étude de leur répartition donnera parfois des renseignements d'ordre paléogéographique ; nous en verrons quelques exemples par la suite.

Ces particularités sédimentologiques peuvent constituer un moyen de raccordement dans le cas où les repères habituels (paléontologiques et pétrographiques) font défaut.

C'est ainsi que M. Pruvost avait attiré notre attention sur cette possibilité lors d'une campagne de sondages effectués dans le bassin d'Autun et destinés à la recherche de prolongements du gisement exploité à Veuville. M. Pruvost [1954] avait remarqué, dans ces sondages, la présence de « slumpings » dont il a décrit de très beaux exemples.

Sur ses conseils, nous avons recherché si ces phénomènes n'intéressaient pas un niveau particulier qui pourrait présenter une grande étendue et servir localement pour guider les travaux miniers.

Nous avons pu constater qu'en effet, dans ce cas où les sondages étaient assez rapprochés, certains niveaux plus que d'autres étaient affectés par de tels glissements.

Bien des figures de sédimentation analogues à celles qui vont être décrites ont déjà été citées dans la bibliographie. De même on peut trouver des figures analogues dans des traités de sédimentation [Fayol, 1887 ; Twenhofel, 1926 ; Shrock, 1948].

Aussi ne prétendons-nous pas à une originalité complète. Nous pensons que l'intérêt de nos échantillons tient à leur abondance et qu'une vue d'ensemble sur ces phénomènes peut servir à une meilleure connaissance de la sédimentation houillère et de la sédimentation en général.

Nous pensons aussi rendre service à nos collègues en leur proposant des termes de comparaison pour homogénéiser leurs observations. Bien souvent nous en avons constaté le besoin. Car il est parfois difficile d'interpréter une coupe établie par un autre géologue, chacun employant un langage personnel. Ceci s'applique surtout aux descriptions si variées des types de sédimentation où une grande part d'imagination intervient, chaque géologue pouvant attribuer un sens personnel aux figures qu'il observe.

Au cours de ce travail nous définirons donc les termes que nous employons couramment

* Note présentée à la séance du 2 mai 1960.

dans nos descriptions, les photos jointes montrant de quoi il s'agit.

Les carottes photographiées proviennent de sondages dans les bassins houillers français :

Bassin d'Autun-Epinac (Saône-et-Loire) : sondages de Veuvrotte.

Bassin de Blanzay (Saône-et-Loire) : sondages de : La Velette, Rozelay, Bois du Leu, Romagne, Laugerette, Bois Bouché, La Sorme, Savigny, Curney, Sanvignes.

Bassin de Decize (Nièvre) : sondages de Marcy, Vauville, Varioux, Germancy.

Bassin sarro-lorrain : Porcellette est.

Bassin des Cévennes (Gard) : Panissière.

Bassin du Jura : Lons I.

I. Dépôts à stratification régulière.

Les terrains carbonifères recoupés par les sondages que nous avons étudiés présentent souvent une stratification régulière, due à l'alternance des couches qui sont, soit parallèles entre elles (stratification horizontale des Russes, cf. Strakhov [1957, t. I, p. 95]) soit entrecroisées (stratification oblique de Strakhov).

1. STRATIFICATION PARALLÈLE. — Les sédiments fins et grossiers alternent en couches plus ou moins épaisses (du mètre au millimètre).

a) *Alternance de feuillets dont l'épaisseur varie de 1 mm à quelques centimètres* (Texte pl. I, fig. 7 et 8). La fig. 8 représente une portion de carotte constituée par un empilement de feuillets à grain alternativement fin (schiste gris foncé) et plus grossier (grès fin gris clair). Une alternance aussi rapide ne peut s'expliquer par des changements dans les apports de sédiments. On ne peut pas non plus parler à ce propos d'alternances saisonnières (cf. varves).

Il s'agit simplement, comme l'a montré Fayol [1887] dans ses expériences, d'un dépôt par gravité, en eau tranquille, d'un mélange d'éléments pulvérulents et d'éléments sableux apportés par un courant régulier.

La différence nette de couleur des feuillets permet de les bien distinguer sur la tranche des carottes.

Ces dépôts schisto-gréseux ne s'observent jamais sur de grandes étendues et, d'ailleurs, le parallélisme des lits n'est qu'apparent. La plupart du temps, la stratification est en réalité finement entrecroisée. De plus, ce genre de dépôts ne s'observe jamais sous de grandes épaisseurs, ils ne représentent qu'un moment de calme éphémère dans la sédimentation houillère. Pour la terminologie, lorsqu'il s'agit de cette fine alternance schistes-grès, nous nous sommes ralliés à celle de nos confrères belges [Scheere, 1954] et nous parlerons comme eux de schistes ou de grès « straticulés » : schistes lorsque les lits schisteux ont une épaisseur infé-

rieure à celle des lits gréseux, grès dans le cas inverse.

Cette disposition finement litée n'est pas seulement propre aux dépôts schisto-gréseux. Elle se rencontre aussi dans d'autres sédiments du Carbonifère.

Citons par exemple le cas, fréquemment rencontré en sondages, de schistes noirs finement zonés par des feuillets carbonatés de teinte beige clair. Le carbonate, d'ailleurs, n'est pas toujours déposé en lit mince, mais s'est souvent concentré en concrétions isolées ou en chapelets qui dérangent secondairement les lits à l'origine parallèles (Texte-pl. XII, fig. 5). Les gores blancs eux-mêmes, roches qui forment des niveaux bien caractéristiques grâce à leur teinte claire au milieu des séries houillères du Massif central¹, peuvent être finement « straticulés ». Dans ce cas, l'argile blanche qui constitue la roche est entrecoupée de minces lits gris foncé ou noirs extrêmement riches en fines particules charbonneuses.

Un autre cas fréquent est celui de grès plus ou moins grossiers, de teinte claire, auxquels certains joints charbonneux noirs, « lits de son ou de paille hachée », donnent un aspect stratifié un peu spécial (Texte-pl. I, fig. 6). Ces joints sont ainsi appelés parce qu'ils sont couverts de menus débris végétaux carbonisés hachés comme paille, ou fins comme des parcelles de son qui se comportent comme les micas qui les accompagnent, c'est-à-dire s'étalent horizontalement, contrairement aux gros débris végétaux qui se déposent dans le sable sous n'importe quel angle (voir plus loin : « griffes charbonneuses »). Ces joints peuvent être d'épaisseur pratiquement nulle (simples surfaces de

1. *Gore blanc* : roche de teinte claire (gris blanchâtre) à toucher onctueux ou légèrement rugueux, cassure conchoïdale, d'aspect souvent homogène mais parfois aussi finement stratifiée. Leur composition minéralogique rappelle celle des tonsteins des bassins sarro-lorrain ou franco-belge : ils sont formés d'une argile isotrope contenant quelques éléments détritiques et souvent des cristaux vermiculés de leverriérite.

stratification selon lesquelles la carotte se brise) ou prendre une puissance de quelques millimètres, auquel cas ils contiennent toujours d'importants fragments de fusain. Ils peuvent tantôt être parallèles entre eux (Texte-pl. I, fig. 6) et plus ou moins rapprochés ou tantôt se rejoindre en devenant plus abondants (Texte-pl. I, fig. 2). Dans ce cas, le grès perd son aspect rubané et certains auteurs [Scheere, 1954] parlent alors de « grès feuilletés ». Nous pensons qu'il serait bon de généraliser l'emploi de ce terme pour décrire ce cas précis.

b) *Sédiments plus grossiers que les précédents dont les bancs peuvent atteindre l'épaisseur de 1 m.* Le rubanement dans les sédiments schisto-gréseux du Carbonifère peut se faire à plus grande échelle (Texte-pl. I, fig. 1, 3, 4 et 5). Il faut voir alors la cause de ces alternances dans des changements importants dans l'arrivée des dépôts (pluie, courants nouveaux, etc...). Ces changements sont irréguliers comme le prouvent les épaisseurs variables des bancs ; à l'intérieur de ceux-ci, certains peuvent présenter la fine stratification décrite plus haut (Texte-pl. I, fig. 4), d'autres, des phénomènes de « graded bedding ». Pour décrire ces terrains, nous nommons les sédiments qui les composent, par exemple : schistes et grès, et nous les faisons suivre des adjectifs : zonés, rubanés ou lités, en donnant approximativement les puissances minimales et maximales des bancs.

Les fig. 3, 4 et 5 (Texte-pl. I) représentent des carottes de terrain à pendage très fort. Les sédiments sableux ou argileux qui ont formé ces bancs ne se sont pas déposés sous des angles aussi élevés, le pendage est dans ce cas tectonique (les sondages de Veuville 2 et Marcy 2 auxquels appartiennent les carottes photographiées Texte-pl. I, fig. 4 et 5, étaient forcés en bordure immédiate de failles).

2. STRATIFICATION ENTRECROISÉE. — Les exemples que nous venons de donner à propos d'alternances parallèles fines ou grossières sont tous pris en sondages. Quand on observe des sédiments analogues en carrière (comme les découvertes de Blanzay par exemple) on voit que ces bancs n'ont pas une valeur de strates géologiques, il ne s'agit que de formations lenticulaires. Il arrive qu'on s'en rende compte même sur les carottes de sondages (Texte-pl. II, fig. 1, 2, 3 et 5 et X, fig. 5).

Sur la fig. 1 (Texte-pl. II), la stratification est largement entrecroisée. Elle est finement entrecroisée dans les fig. 2, 3 et 5. Ces dernières traduisent l'existence de courants plus ou moins rapides dans l'aire de sédimentation.

La stratification entrecroisée n'est jamais que momentanée et son extension verticale est toujours très réduite.

*
* *

CONTACTS ENTRE STRATES. — Que ce soit en dépôts à stratification parallèle ou entrecroisée, le contact entre deux strates n'est pas toujours régulier ; bien souvent la surface de séparation est tourmentée (voir Texte-pl. II, fig. 4 ; X, fig. 6 et 7 ; V, fig. 1 et 6).

Dans le cas de la fig. 7 (Texte-pl. X), les schistes et grès stratifiés qui constituent la moitié inférieure de la carotte ondulent de plus en plus vers le haut, c'est-à-dire au voisinage de la masse gréseuse susjacent ; le dernier lit de schiste noir, sous la pression du sable, a pénétré en fines digitations à l'intérieur de ce dernier. La fig. 6 montre l'autre face de la carotte ; on y voit une sorte de petit diapir monté à l'intérieur du sable sous la pression exercée par celui-ci lors de son dépôt sans doute brutal. C'est la plasticité de ces sédiments en majorité argileux qui leur permet de se déformer sous le poids des sédiments susjacent sans se fragmenter.

La déformation (épaississement, rebroussement, amincissement) du lit schisteux « sch » au contact du banc de grès « g », que l'on observe sur la fig. 4 (Texte-pl. II), semble s'être produite sous l'effet d'un courant rapide qui déposait à son passage du sable grossier (« flowcast » de Shrock [1948]). Mais ce n'est qu'une hypothèse, d'autres pourront n'y voir, comme dans le cas précédent, qu'un effet de la surcharge sableuse. Certains contacts entre sédiments de granulométrie différente gardent les traces d'un dessèchement temporaire : « mud cracks ». (Texte-pl. XII, fig. 4).

On peut également noter comme délit particulier les surfaces pustuleuses que l'on rencontre fréquemment dans l'Autunien et que parfois on a nommé à tort : délits à « gouttes de pluie ». Il peut s'agir dans ce dernier cas de traces produites sur un fond vaseux par l'expulsion de gaz de marais.

II. Sédimentation irrégulière.

A côté des textures sédimentaires simples dont il vient d'être question, il en est d'autres très confuses dont l'explication est difficile.

1. **SLUMPING.** — Citons d'abord les phénomènes de slumping bien caractérisés (voir Texte-pl. III). De tels phénomènes ont été souvent décrits [Schrock, 1948 ; Twenhofel, 1926 ; Gulinck, 1948 etc...]. Il s'agit de glissements sous-aquatiques ayant affecté un lit sédimentaire peu après son dépôt. Les phénomènes décrits dans la bibliographie sous les noms de déformations syngénétiques — glissements intraformationnels — pseudopliissements, sont du même ordre.

Au cours du glissement, la couche se déforme, se plisse et dans les cas extrêmes se disloque en fragments qui culbutent sur eux-mêmes. Il arrive que les plissements ainsi produits prennent une grande ampleur, pouvant faire croire parfois à des déformations tectoniques. Mais ces déformations par « slumping » sont encadrées par des bancs à stratification régulière, ce qui permet d'éviter une telle confusion.

A ce propos nous avons remarqué à plusieurs reprises des changements de pendage dans les sédiments qui entourent un « slumping » : par exemple au sondage de Veuvrotte n° 1 entre 118 et 120 m, les sédiments schisteux qui surmontent le banc gréseux glissé ont un pendage de 20° seulement et ceux qui le supportent de 40° (texte-fig. 1 A et B).

Les fig. 2, 4, 5 et 8 (Texte-pl. III), sont des exemples typiques de slumping. On peut expliquer de même les fig. 6 et 7 (Texte-pl. VI) et les fig. 2 et 6 (Texte-pl. IV).

C'est sans doute aussi un glissement sous-aquatique qui est responsable des déformations sédimentaires représentées par la fig. 8 (Texte-pl. X) (un banc de grès s'étire en glissant sur le schiste sous jacent jusqu'à se fracturer) et par les fig. 1, 3, 6 et 7 (Texte-pl. III). Prenons le cas de la fig. 7 par exemple. On peut imaginer que cette carotte a été sectionnée dans un ensemble de terrain dont l'allure serait celle indiquée par le schéma (texte-fig. 1 C) : le banc schisto-gréseux à l'intérieur d'une série très régulière a été déformé par glissement.

Un phénomène analogue aurait produit les figures 1, 3 et 6 (Texte-pl. III), accompagné de dislocation dans le cas des fig. 1 et 6 (et aussi

peut-être de remaniements par des courants).

De tels phénomènes ne sont pas limités aux sédiments carbonifères, ils peuvent s'observer dans n'importe quelle série sédimentaire ; une très forte pente n'est pas nécessaire : quelques degrés suffisent (Fayol-Twenhofel) pour que les vases ou autres sédiments se mettent à glisser.

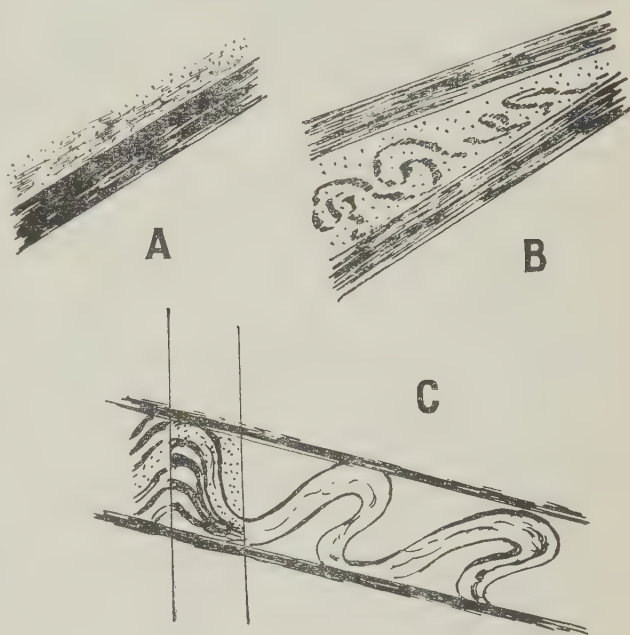


FIG. 1.

A : avant le glissement. — B : après le glissement. — C : slumping (carotte représentée texte-pl. III, fig. 7).

MM. Macar [1948] et Gulinck [1948] parlent même de plans de glissements sub-horizontaux. Quelle ampleur pouvaient avoir ces glissements ? Intéressaient-ils une couche de grande étendue ? Si oui, leur reconnaissance pourrait avoir un intérêt pour la stratigraphie de détail. Dans un cas précis (sondages d'Épinac) où ils étaient nombreux, il ne nous a pas semblé que ces glissements intéressaient une grande surface.

2. **SÉDIMENTATION NÉBULEUSE.** — Bien des figures complexes et notamment celles des Texte-pl. IV à VII ne se laissent pas expliquer par des glissements. Nous y observons des mélanges, qui nous paraissent sans ordre, de sédiments fins et grossiers.

Pour décrire de tels phénomènes, on a coutume de parler de sédimentation nébuleuse ou tourbillonnaire, turbulente, tourmentée, confuse etc...

Pour les expliquer, on peut faire appel aux courants de turbidité, ou encore à une remise en mouvement de dépôts réguliers par des courants temporaires.

D'après P. Pruvost [1954, p. 308-311], les paroxysmes successifs de la compaction des couches de charbon entraînée par le poids croissant des sédiments de couverture auraient produit des déformations de la surface de contact entre l'eau et la série sédimentaire avec création de chenaux ou de pentes anormales, générateurs de bancs sableux à stratification tourbillonnaire par jeux de courants anormaux ou de glissements sous lacustres.

Bien des causes peuvent être invoquées pour expliquer la création de ces textures nébuleuses :

— glissements sous-aquatiques sur fond peu ou fort penté ;

— érosion suivie d'un apport par courants temporaires de matériel plus ou moins grossier mal classé (voir Texte-pl. VII, fig. 1 et 4 où l'on observe une alternance de dépôts réguliers et de dépôts nébuleux avec tout en haut érosion par du matériel grossier) ;

— changements de vitesse des courants ;

— courants de turbidité (Texte-pl. IV, fig. 1 ; V, fig. 4) ;

— variations de l'épaisseur de la tranche d'eau au-dessus du fond.

Ajoutons-y une autre cause de remise en mouvement. Nous avons fait déposer successivement dans un vase de verre : une couche de sable fin (éléments 0,5 mm) épaisse de 1 cm, puis une couche de lignite en poudre finement broyé au mortier, enfin une nouvelle couche de sable. Après dépôt de cette succession, un léger ébranlement du récipient a provoqué la montée de la poudre dans la couche sableuse supérieure, le mélange des deux éléments donnant lieu à des figures nébuleuses. Il semble que ce soit l'expulsion de l'eau interstitielle ainsi provoquée qui ait produit la remontée de la poudre. Cette observation est à rapprocher de l'hypothèse de P. Pruvost suivant laquelle la formation des figures nébuleuses aurait pour cause la compaction du charbon.

Dans la nature, il est possible qu'un phénomène semblable à celui que nous venons de décrire puisse se produire. Signalons à ce propos des observations faites au sondage de Champeroux n° 1 (Blanzay). A plusieurs reprises

on y a observé la succession suivante : au-dessus des grès à granulométrie décroissante sont des schistes à sédimentation nébuleuse dans lesquels pénètrent des digitations gréseuses. Il semble que dans ce cas aussi la vase se soit remise en mouvement après tassement du grès qui expulse son eau interstitielle vers le haut, et remonte en même temps dans les schistes. Ainsi s'expliqueraient des figures curieuses dans des carottes que nous avons tendance à mal orienter parce que nous voulions toujours voir descendre les grès dans les schistes.

3. REMANIEMENT DE SÉDIMENTS DÉJÀ CONSOLIDÉS. — a) *Griffes* ². A côté des remaniements (slumpings, sédimentation nébuleuse) dont nous venons de parler et qui intéressent des sédiments encore meubles, des sédiments déjà consolidés peuvent être repris par des courants et transportés à des distances plus ou moins grandes. C'est ainsi qu'on peut expliquer la présence, à l'intérieur de bancs gréseux, de « griffes schisteuses ». Certains auteurs parlent alors de « brèches de schistes ». Il s'agit de fragments de schistes plus ou moins volumineux, généralement anguleux, parfois effilochés (Texte-pl. VIII, fig. 1 à 6). Certaines de ces griffes présentent des straticulations diversement orientées ce qui prouve qu'il s'agit bien de morceaux arrachés à un lit déjà bien sédimenté et en voie de consolidation.

Les couches de houille elles-mêmes peuvent être remaniées comme en témoignent les galets de charbon que l'on trouve parfois dans des sédiments gréseux. Mais le plus souvent les « griffes charbonneuses » (Texte-pl. IX, fig. 2, 3, 4) qui s'observent au milieu des grès plus ou moins grossiers, d'arkoses ou de conglomérats, ne peuvent pas, comme l'a fait Wanless [1952], être interprétées comme des couches déformées. Il s'agit en réalité de grossiers débris végétaux (tiges, rameaux) qui se sont carbonisées en gardant leur volume initial.

b) *Microfailles de tassement et filons clastiques*. On observe aussi très souvent dans les sédiments houillers de légers décrochements décalant les lits entre eux de quelques millimètres, et s'amortissant vite vers le bas (voir Texte-pl. X, fig. 1 et 4). Sur la fig. 4 de cette planche on voit une série de microfailles en escaliers. Ces petits décrochements sont pénécotemporains de la sédimentation et n'ont pas une

2. Terme employé par les mineurs de Decize pour désigner des inclusions charbonneuses de forme tourmentée dans les grès.

origine tectonique. Ils sont simplement dus au tassement différentiel des couches sous jacentes.

Les filons clastiques, eux aussi (Texte-pl. X, fig. 2 et 3), sont des accidents dus au tassement différentiel [Pruvost, 1943]. Mais alors que les microfailles décalent simplement les lits sans provoquer d'ouverture, il y a là formation de fentes radiales avec remplissage par le sédiment susjacent. La fig. 3 (Texte-pl. X) est un exemple typique de filon clastique. L'explication est moins évidente pour la fig. 2.

Le remplissage par des sédiments grossiers de terriers d'animaux fouisseurs peut donner des structures voisines de celles des filons clastiques (Texte-pl. VII, fig. 5).

4. ANOMALIES GRANULOMÉTRIQUES. — Les sédiments dont il a été question jusqu'à présent avaient subi un classement granulométrique. Ce sont, comme nous l'avons vu, des mouvements secondaires dus à des causes diverses qui en ont bouleversé l'ordonnance.

Citons maintenant des cas où les lois de la granulométrie semblent contredites.

a) *Galets isolés au milieu de sédiments fins* (Texte-pl. IX, fig. 1, 5 et 6). Leur présence ne peut s'expliquer que sous l'effet de causes accidentelles : on pense par exemple à un transport par un radeau végétal. Ainsi la fig. 5 représente un galet de granite tombé sur un sédiment finement straticulé. Sa chute a déformé les lits sous-jacents ; les lits qui se sont déposés après la chute du galet se sont moulés autour.

Le gros galet (10 cm environ de diamètre) représenté sur la fig. 1 n'a que peu déformé les lits sous-jacents, il a constitué un obstacle aux courants entraînant les sédiments ; ces derniers ont dessiné les plis que l'on observe à son contact.

Dans le cas de la fig. 6, une griffe charbonneuse moulée sur le galet peut représenter le reste du radeau transporteur.

b) *Grès et conglomérats mal classés*. Citons enfin le cas de certains grès et conglomérats rencontrés fréquemment dans les bassins houillers du Massif central et constituant parfois des couches assez régulières et assez étendues pour être utilisées comme niveaux repères.

Ces roches sont formées d'éléments mal classés, non jointifs, disséminés dans un ciment fin très abondant.

C'est le cas du *grès nougat*³, roche argilo-schisteuse noire, criblée de fragments anguleux de teinte claire qui sont, soit des feldspaths

détritiques, soit des quartz, soit des débris de roches cristallines variées (voir Texte-pl. XI, fig. 4 et 6). Cette roche forme, de façon très continue, le mur de la grande couche de Veu-vrotte, dans le bassin d'Épinac ; son aspect caractéristique a permis de l'assimiler à une couche du bord nord du bassin et de l'identifier dans les sondages voisins de l'exploitation.

C'est le cas encore des *arkoses et conglomérats demi-deuil*⁴. Dans ces roches, le ciment très abondant et plus gréseux que celui du « grès nougat » (parfois argilo-gréseux, parfois argilo-grés-charbonneux) contient, inégalement répartis, des éléments de roches cristallines ou de minéraux (quartz-feldspaths) de teinte toujours claire (Texte-pl. XI, fig. 2 et 5). Ces éléments sont de taille variable. Ils peuvent être énormes (plus de 10 m, comme dans le Stéphanien de Blanzey).

Enfin, certaines *brèches de base* (Texte-pl. XI, fig. 3) présentent des caractères analogues.

Comment expliquer de telles formations ?

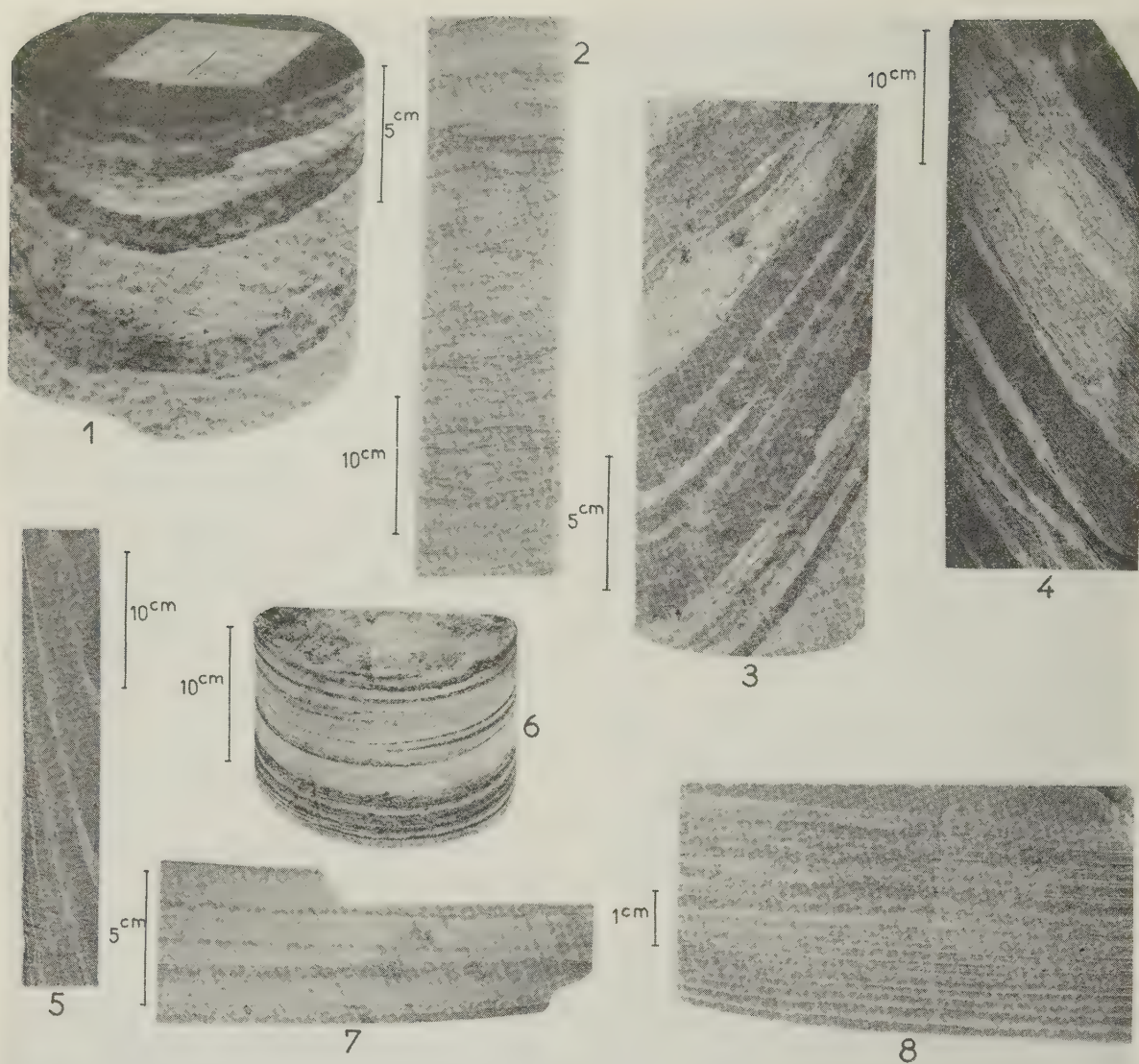
Pour le « grès nougat », il semble que la viscosité du gel colloïdal, riche en matières organiques à l'origine du ciment, se soit opposée à la descente par gravité des débris minéraux en suspension.

Pour la brèche (Texte-pl. XI, fig. 3), on pense à des coulées boueuses ou à des argiles à blocs.

Ces dépôts se distinguent de vrais conglomérats d'origine torrentielle, tel le *conglomérat polygénique de Verneuil* représenté à la fig. 1 (Texte-pl. XI). Ce conglomérat, recoupé à la base du Stéphanien moyen dans de nombreux sondages effectués dans la région de Marcy, SE de l'exploitation de la Machine (bassin de Decize), repose en discordance soit sur du Carbonifère plus ancien, soit sur le socle cristallin. Il est connu sur une étendue de plus de 50 km² et forme une puissante série (plus de 100 m d'épaisseur) entrecoupée de minces lentilles schisteuses à pendage variable. Les galets qui le constituent représentent un échantillonnage complet de tous les reliefs entourant le lac houiller ; ils sont fortement émoussés et assez jointifs (dans le cas de la fig. 8, Texte-pl. XI, ils le sont tout à fait, d'où le nom de « conglomérat mosaïque ». La carotte photographiée ici présente en outre un « graded bedding » net).

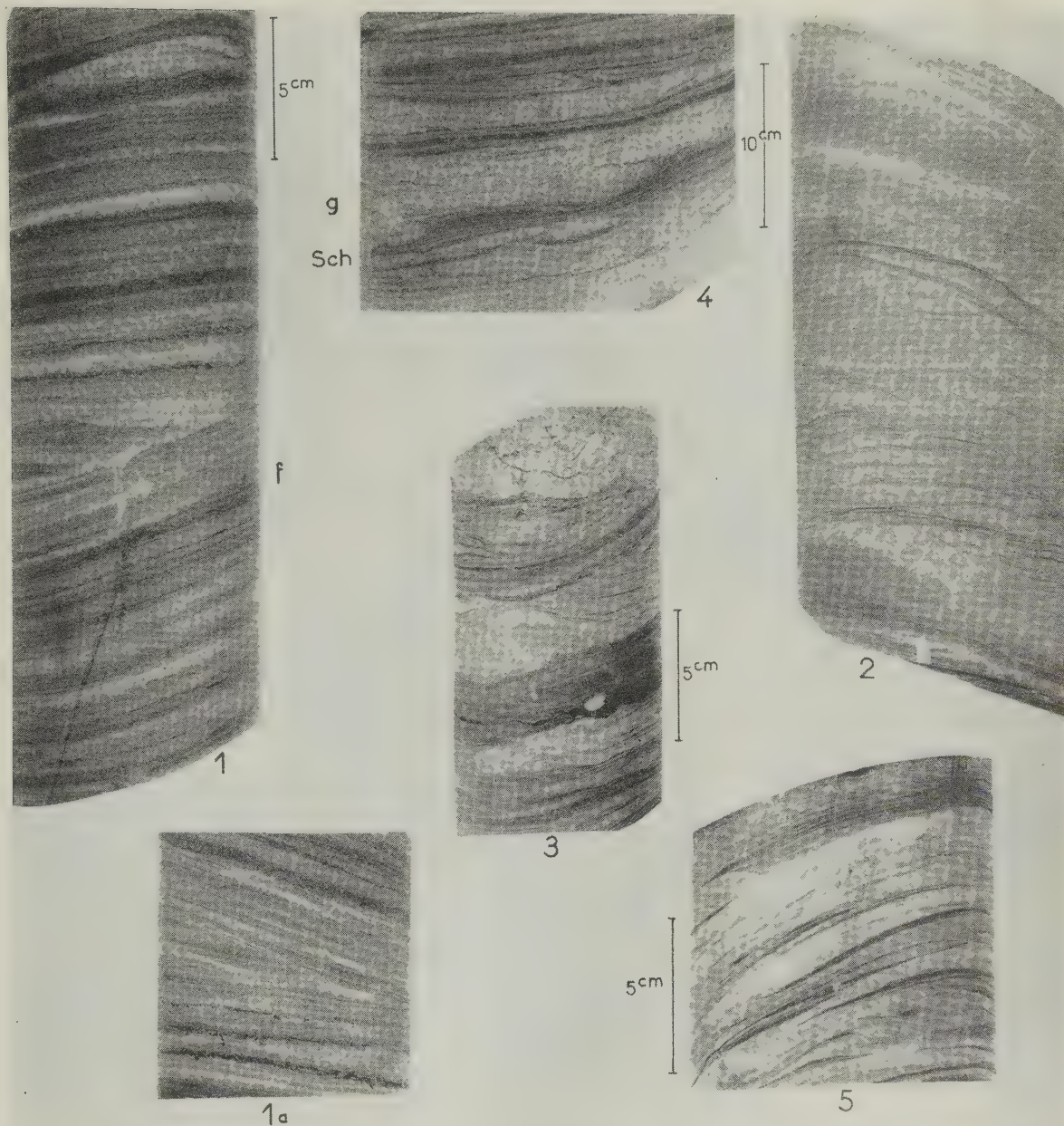
3. Terme emprunté aux mineurs de Molloy, bassin d'Épinac [Pruvost, 1954].

4. Nous avons ainsi nommé cette roche par analogie avec le terme de « basalte demi-deuil » employé par les marbriers (éléments clairs tranchant sur un fond noir).



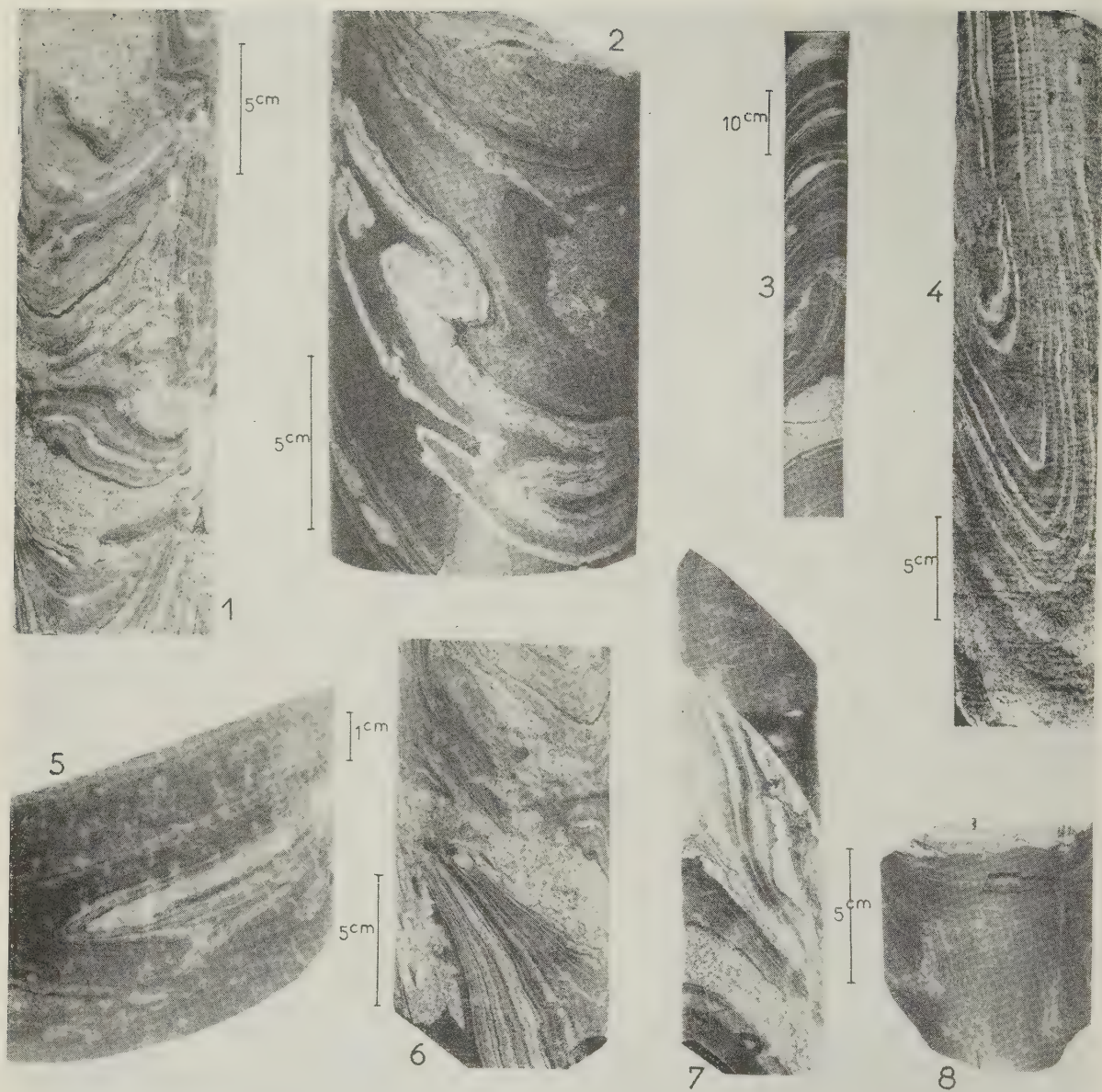
TEXTE-PL. I : *Stratification régulière.*

- FIG. 1. - Schistes et grès à stratification rubanée. Veuvrotte I, 171,60 m, Stéphan. sup.
- FIG. 2. - Grès feuilleté à grain fin. Bois du Leu, 936 m, Stéphan. moy.
- FIG. 3. - Stratification rubanée où schistes et arkoses alternent en lits d'épaisseur variable. Veuvrotte I, 392,80 m, Stéphan. sup.
- FIG. 4. - Stratification rubanée dans des schistes et des grès straticulés ou feuilletés. Marcy II, 576 m, Stéphan. moy.
- FIG. 5. - Schistes gréseux et grès finement rubanés à pendage très fort. Veuvrotte II, 364,20 m, Stéphan. sup.
- FIG. 6. - Grès largement feuilleté. Velette II, 268 m, Stéphan. moy.
- FIG. 7. - Gore blanc à stratification finement rubanée (section plane perpendiculaire à la stratification). Veuvrotte V, 279 m, Stéphan. sup.
- FIG. 8. - Schistes finement et régulièrement straticulés. Rozelay L, 162 m, Stéphan. moy.



TEXTE-PL. II : *Stratification entrecroisée.*

- FIG. 1 et 1 a. — Stratification entrecroisée dans des schistes et grès finement straticulés. En f, petit « filon clastique » (1 a : face opposée de la partie centrale de la carotte représentée fig. 1). Romagne, 243 m, Stéph. moy.
- FIG. 2. — Schistes ou grès straticulés à stratification entrecroisée. Laugerette, Stéph. moy.
- FIG. 3. — Stratification entrecroisée et ondulée ; au sommet, des grès feuilletés ravinent les schistes straticulés sous-jacents. Vauvrière, 813,20 m, Stéph. moy.
- FIG. 4. — Déformation du lit de schistes (Sch) après dépôt des sédiments sableux qui ont formé le lit de grès (g). Veuвроtte I, 230,10 m, Stéph. sup.
- FIG. 5. — Stratification entrecroisée et localement ondulée dans des schistes gréseux et des pélites gris clair. Laugerette, 158 m, Stéph. moy.



TEXTE-PL. III. — *Phénomènes de slumping.*

FIG. 1 et 6. — Dislocation d'une série schisto-gréseuse dont la stratification est conservée dans les morceaux que l'on observe mélangés sans ordre avec des poches gréseuses. Veuvrotte III, 248,30 m, Stéph. sup.

FIG. 2. — Glissement (« slumping ») de deux minces bancs gréseux et de leur intercalaire schisteux, avec formation d'une série de petits plis couchés. Veuvrotte III, Stéph. sup.

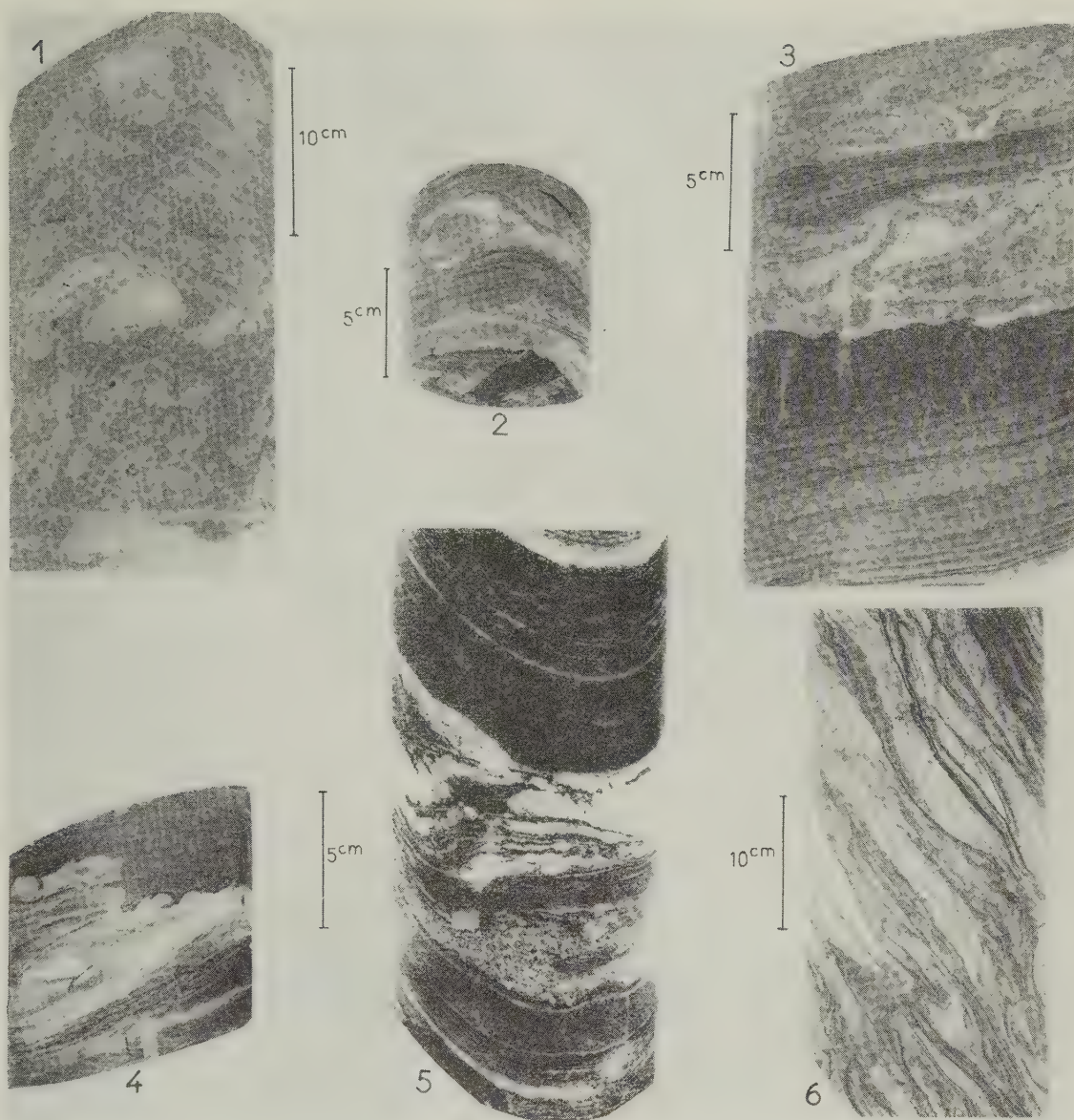
FIG. 3. — Glissement et dislocation d'un banc schisto-gréseux straticulé à l'intérieur de séries à stratification régulière. Veuvrotte V, 483 m, Stéph. sup.

FIG. 4. — Glissement dans des dépôts schisto-gréseux rubanés, à pendage élevé. Veuvrotte II, 400 m, Stéph. sup.

FIG. 5. — Début de glissement d'un banc gréseux, donnant l'aspect de pli couché. Veuvrotte I, 230,60 m, Stéph. sup.

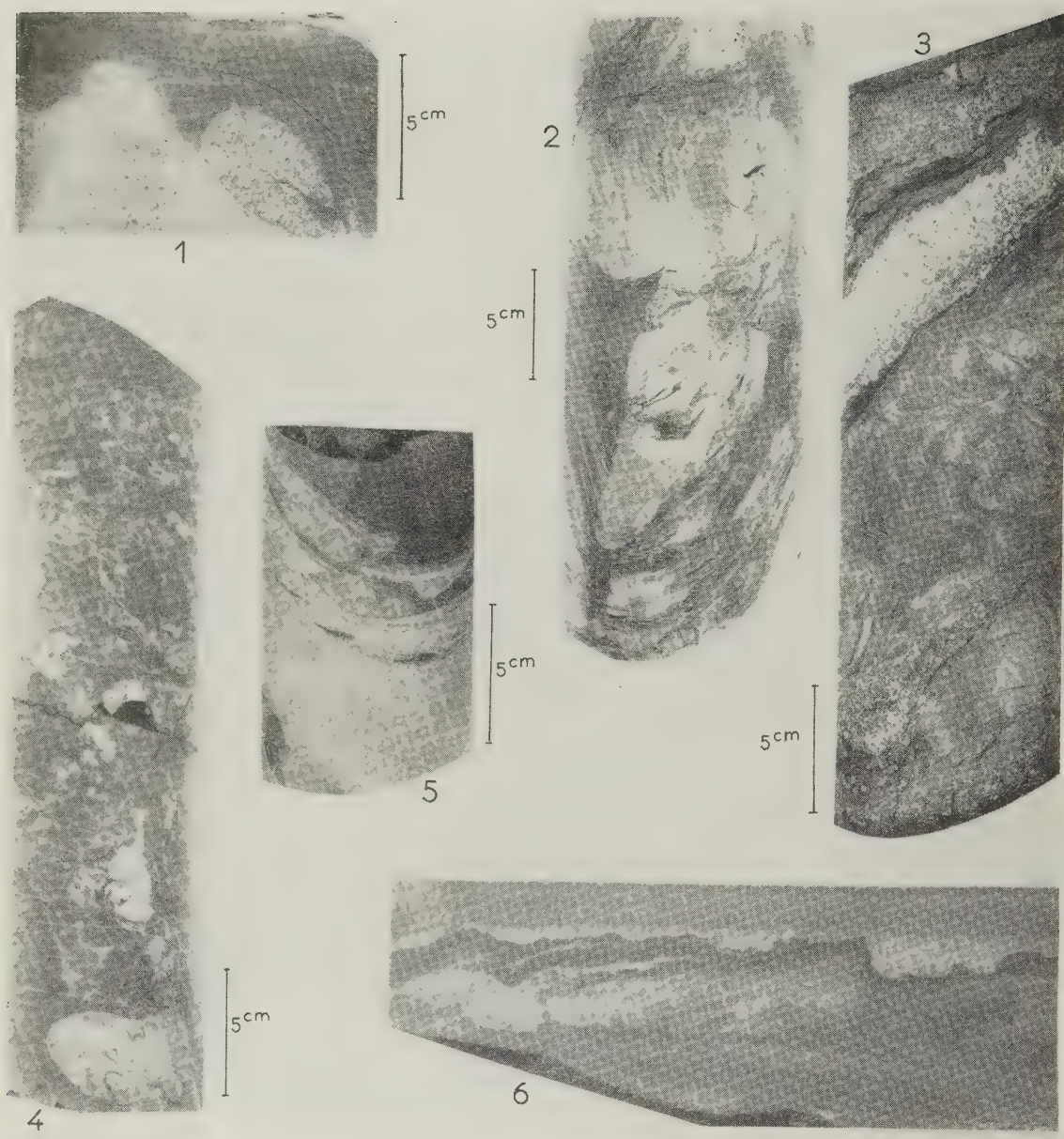
FIG. 7. — Même phénomène que pour la fig. 3. Veuvrotte III, 335 m, Stéph. sup.

FIG. 8. — Schistes straticulés plissotés, Romagne, Stéph. moy.



TEXTE-PL. IV : *Sédimentation « nébuleuse ».*

- FIG. 1. — Dépôts non classés, à sédimentation « nébuleuse » de schistes et de grès fins. Veuvrotte III, 219 m, Stéph. sup.
- FIG. 2. — Microslumping de grès straticulés au-dessus de dépôts schisto-gréseux à stratification entrecroisée. Rozelay K, Stéph. moy.
- FIG. 3. — Contact irrégulier (« flow-cast ») entre sédiments argileux compacts noirs et grès schisteux gris à stratification nébuleuse. Lons I, 637,25 m, Stéph.
- FIG. 4. — Grès schisteux à sédimentation « nébuleuse » au milieu de schistes compacts au sommet, gréseux et straticulés à la base. Romagne, 208 m, Stéph. moy.
- FIG. 5. — Au sommet et à la base de l'échantillon, dépôts schisteux fins, à stratification régulière ; au milieu, des dépôts grossiers à sédimentation tourmentée. Veuvrotte III, 157 m, Stéph. sup.
- FIG. 6. — Grès straticulés plissotés. Veuvrotte V, 270 m, Stéph. sup.



TEXTE-PL. V : *Sédimentation « nébuleuse ».*

FIG. 1. — Contact irrégulier entre des dépôts schisteux et des dépôts gréseux. Panissière.

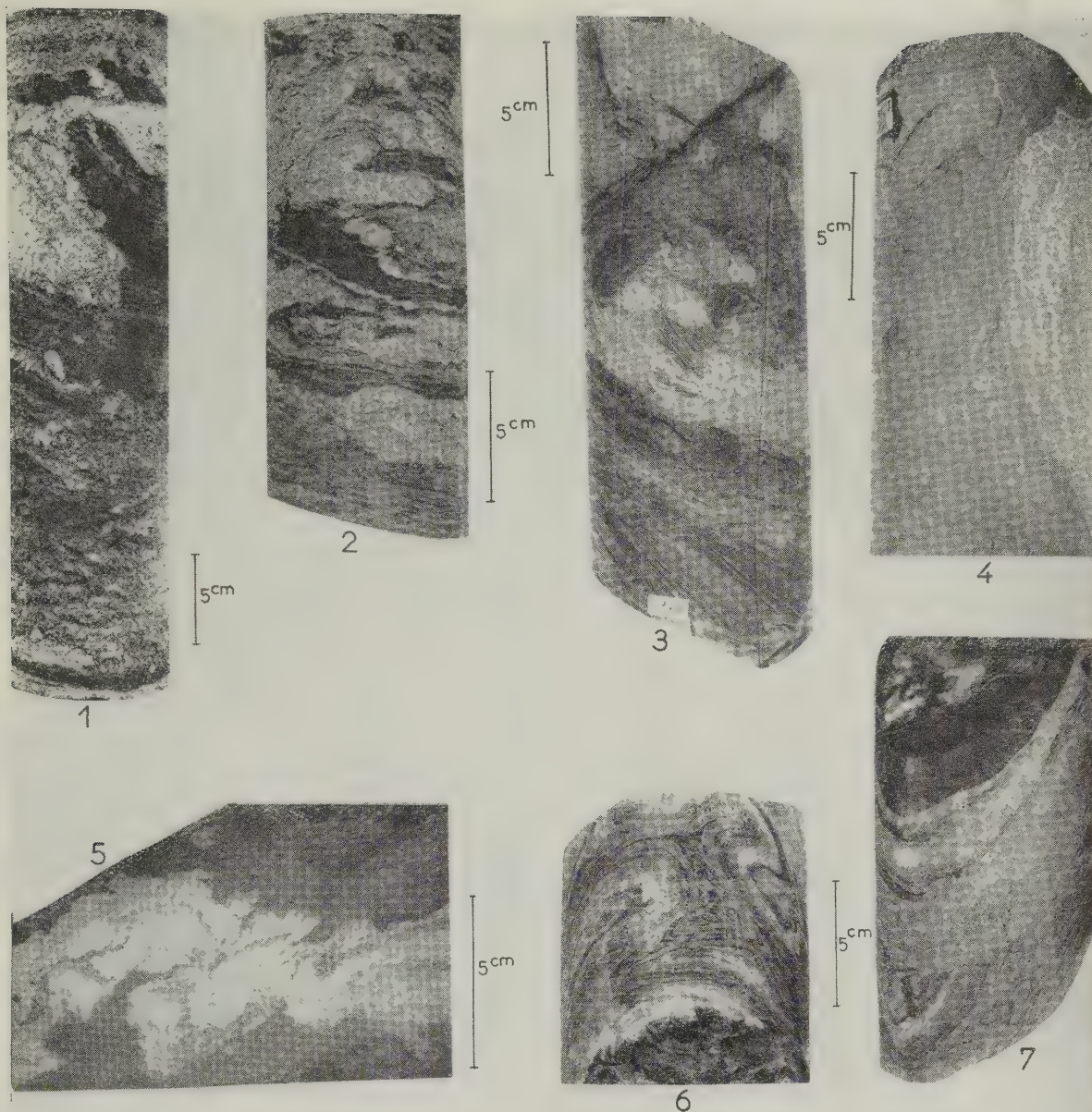
FIG. 2. — Importante masse de grès contenant des morceaux de schistes remaniés, éoulée dans les schistes gréseux straticulés qui forment la base de la carotte. Varioux II, 326,70 m, Stéph. moy.

FIG. 3. — Sédimentation « nébuleuse » dans un épais banc schisto-gréseux. Rozelay J, 785 m, Stéph. moy.

FIG. 4. — Dépôts de schistes gréseux et de grès fins à sédimentation nébuleuse. Rozelay L, Stéph. moy.

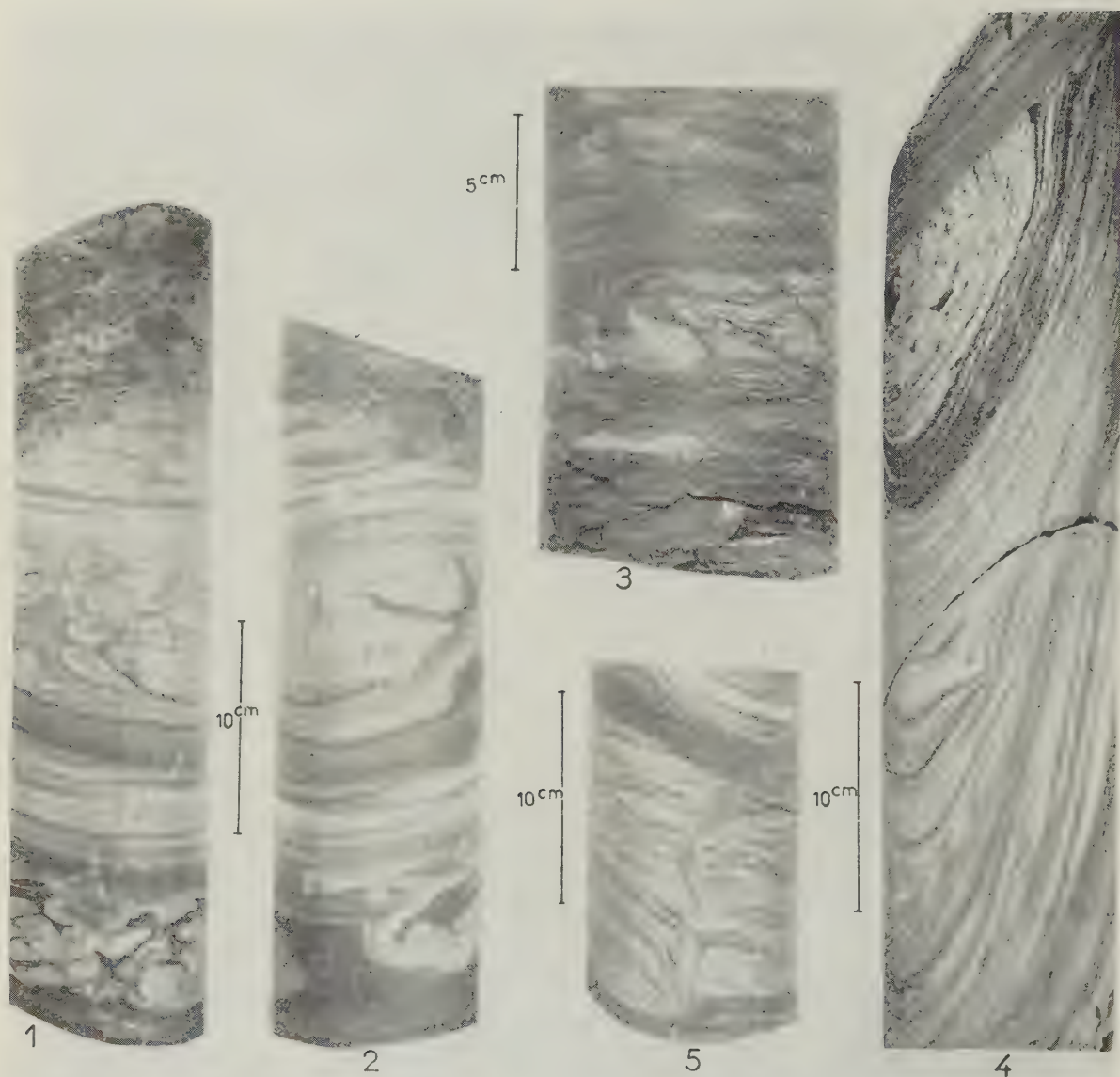
FIG. 5. — Microfaille de tassement très oblique. Veuvrotte III, 157 m, Stéph. sup.

FIG. 6. — Contact irrégulier entre des dépôts schisto-gréseux à sédimentation nébuleuse et des sédiments gréseux puis schisteux déposés en eau calme (section plane perpendiculaire à la stratification). Bois Bouché, 812 m, Stéph. moy.



TEXTE-PL. VI : *Sédimentation « nébuleuse » - « Slumping » - remaniements.*

- FIG. 1. — Figure énigmatique, probablement arrivée brusque d'un sablon grossier qui a rebroussé une partie du banc schisteux sous-jacent déjà formé. Veuvrotte II, 301 m, Stéph. sup.
- FIG. 2. — Schistes et grès à sédimentation « nébuleuse ». Veuvrotte I, 210,40 m, Stéph. sup.
- FIG. 3. — Horizon de schistes straticulés démantelés et remaniés. Romagne, 388 m, Stéph. moy.
- FIG. 4. — Schistes gréseux glissés et plissotés au contact d'une masse de grès. Rozelay J, 720 m, Stéph. moy.
- FIG. 5. — Lit de grès à sédimentation « nébuleuse » au milieu de schistes gris foncé. Sanvignes, 381 m, Autunien.
- FIG. 6. — « Slumping » dans schistes et grès straticulés. Veuvrotte III, 177,80 m, Stéph. sup.
- FIG. 7. — Ravinement par des grès grossiers de schistes straticulés plissés lors d'un glissement subaquatique (« slumping ») antérieur au dépôt de grès. Veuvrotte III, 177,80, Stéph. sup.



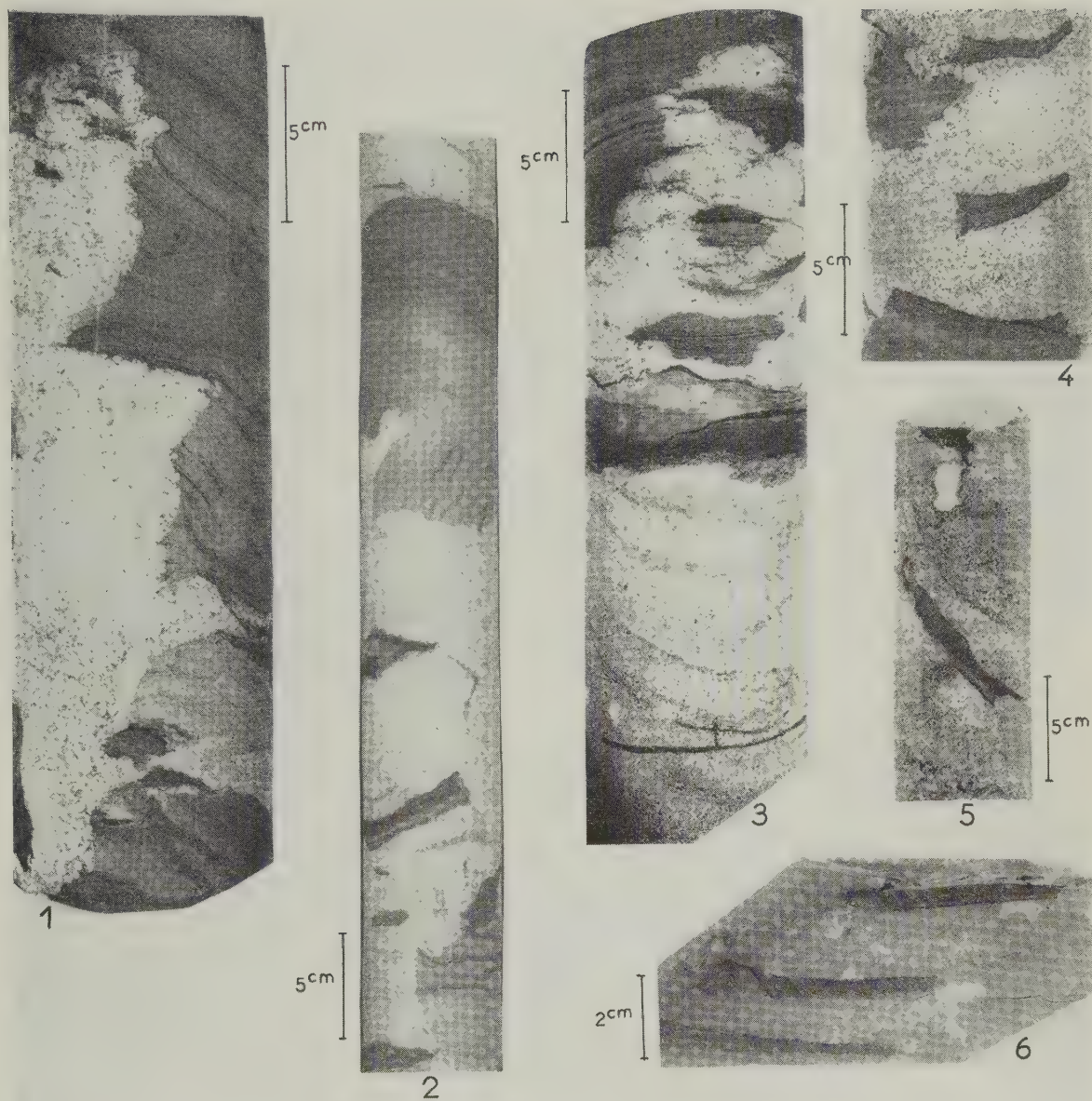
TEXTE-PL. VII : Ravinements. Sédimentation nébuleuse.

FIG. 1 et 2. — Deux faces opposées d'une même carotte : les 3/4 inférieurs de la carotte sont formés de dépôts fins dont la sédimentation est alternativement nébuleuse et régulière ; ces dépôts sont ravinés au sommet par des sédiments conglomératiques grossiers. Laugurette B, 145 m, Stéph. moy.

FIG. 3. — Sédimentation nébuleuse dans des grès et des grès schisteux. Laugurette D, 158 m, Stéph. moy.

FIG. 4. — Ravinement par des grès feuilletés à pendage 45°, d'une série de grès et de schistes straticulés à pendage très élevé. Ceurney 5, 356 m, Stéph. moy.

FIG. 5. — Dislocation verticale dans des grès schisteux fins (terrier d'animaux fouisseurs ? filon clastique ?). Laugurette D, 158,50 m, Stéph. moy.

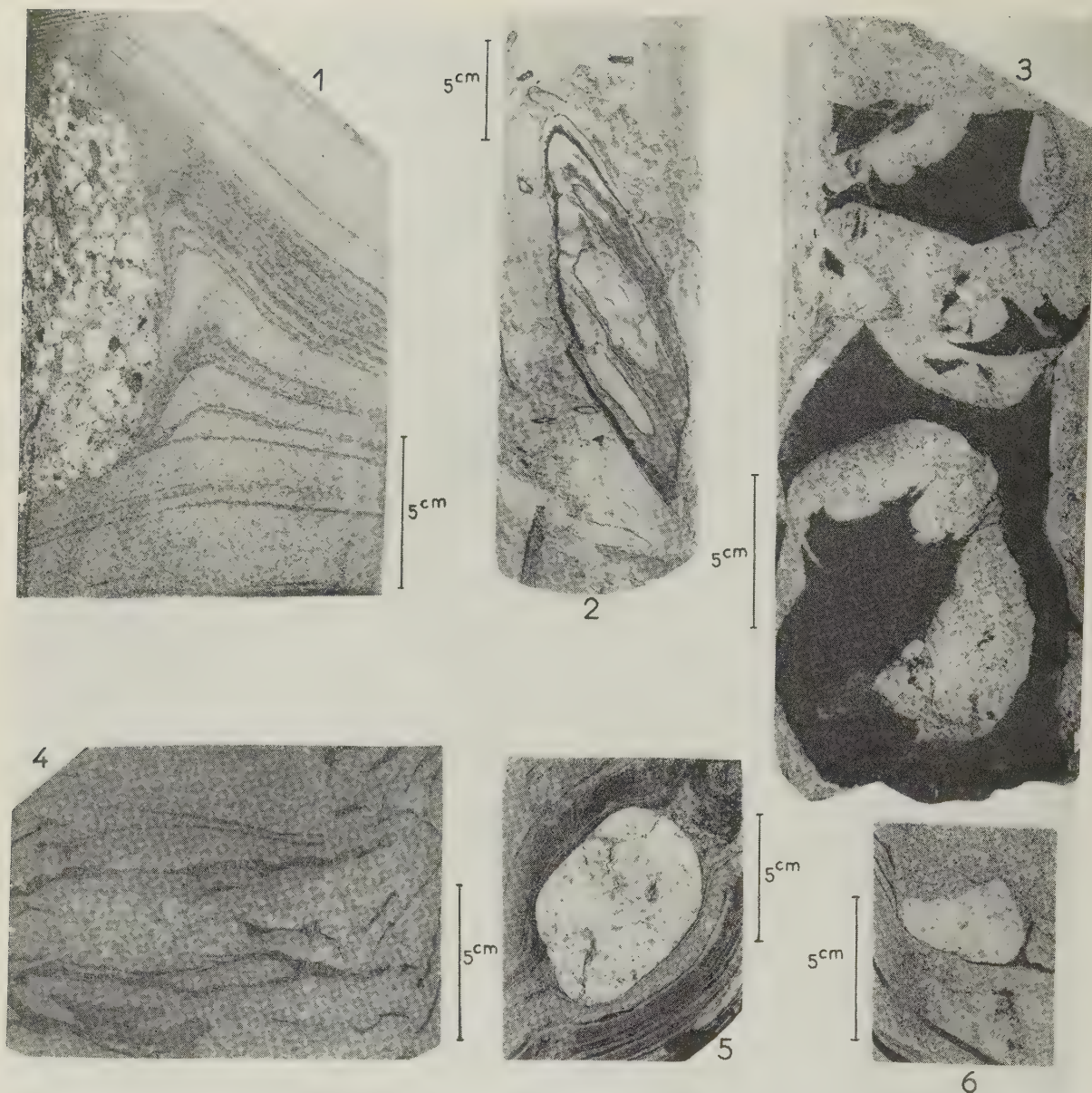


TEXTE-PL. VIII : Remaniements.

FIG. 1. — Ravinement d'un banc de schistes gréseux par une arkose grossière. Bois du Leu, 795 p. Stéphan. moy.

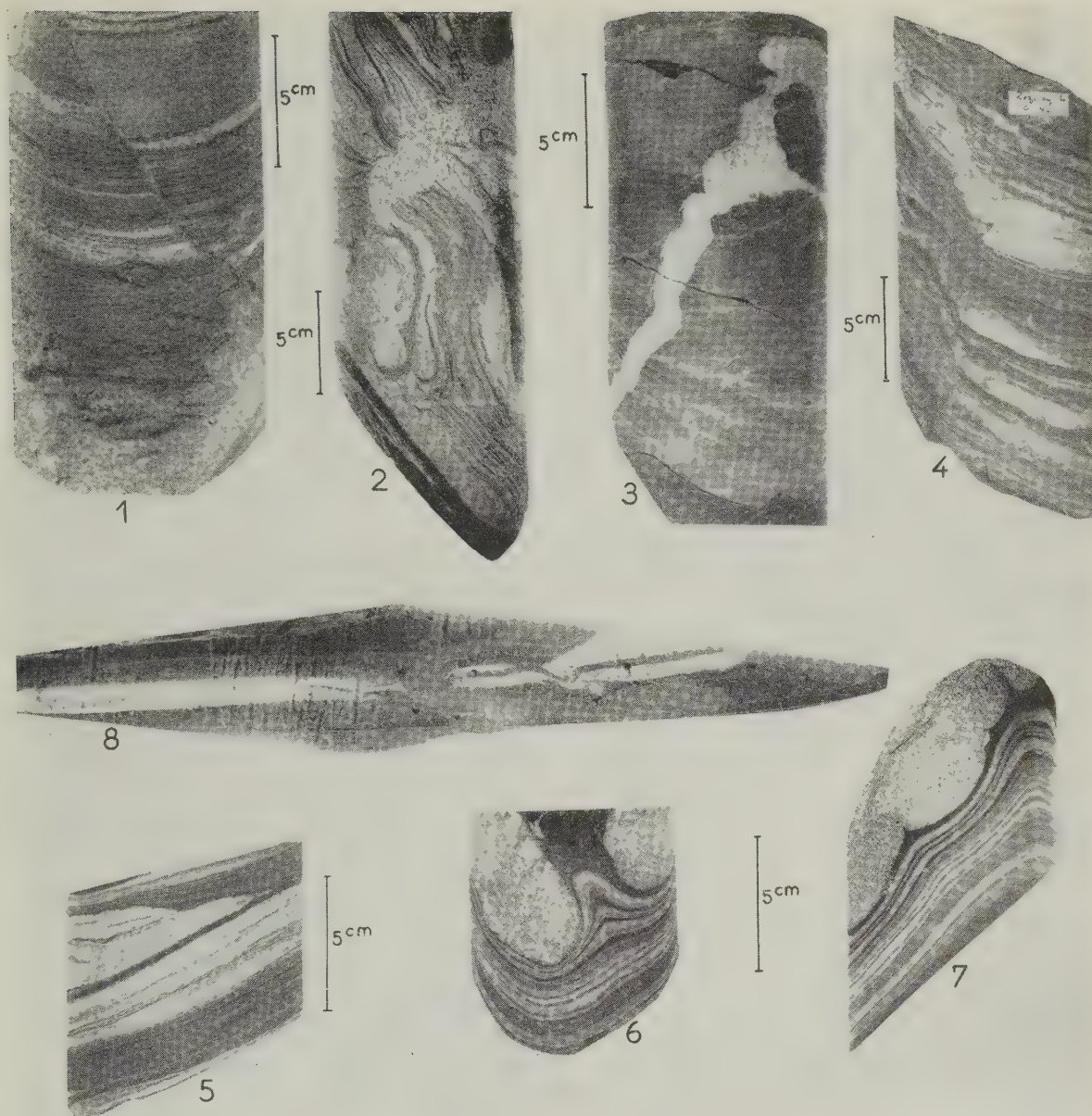
FIG. 2 à 6. — Morceaux de schistes ou de schistes gréseux, à angles vifs (« griffes » schisteuses), remaniés dans des arkoses. La disposition de ces éléments montre qu'ils proviennent d'un banc déjà formé et démantelé postérieurement à son tassement.

2 : Bois du Leu, 899 m, Stéphan. moy. ; 3 : Rozelay J, 533,50 m, Stéphan. moy. ; 4 : Rozelay J, 533 m, Stéphan. moy. ; 5 : Marcy II, 936 m, Stéphan. moy. ; 6 : Veuviron III, 233,50 m, Stéphan. sup.



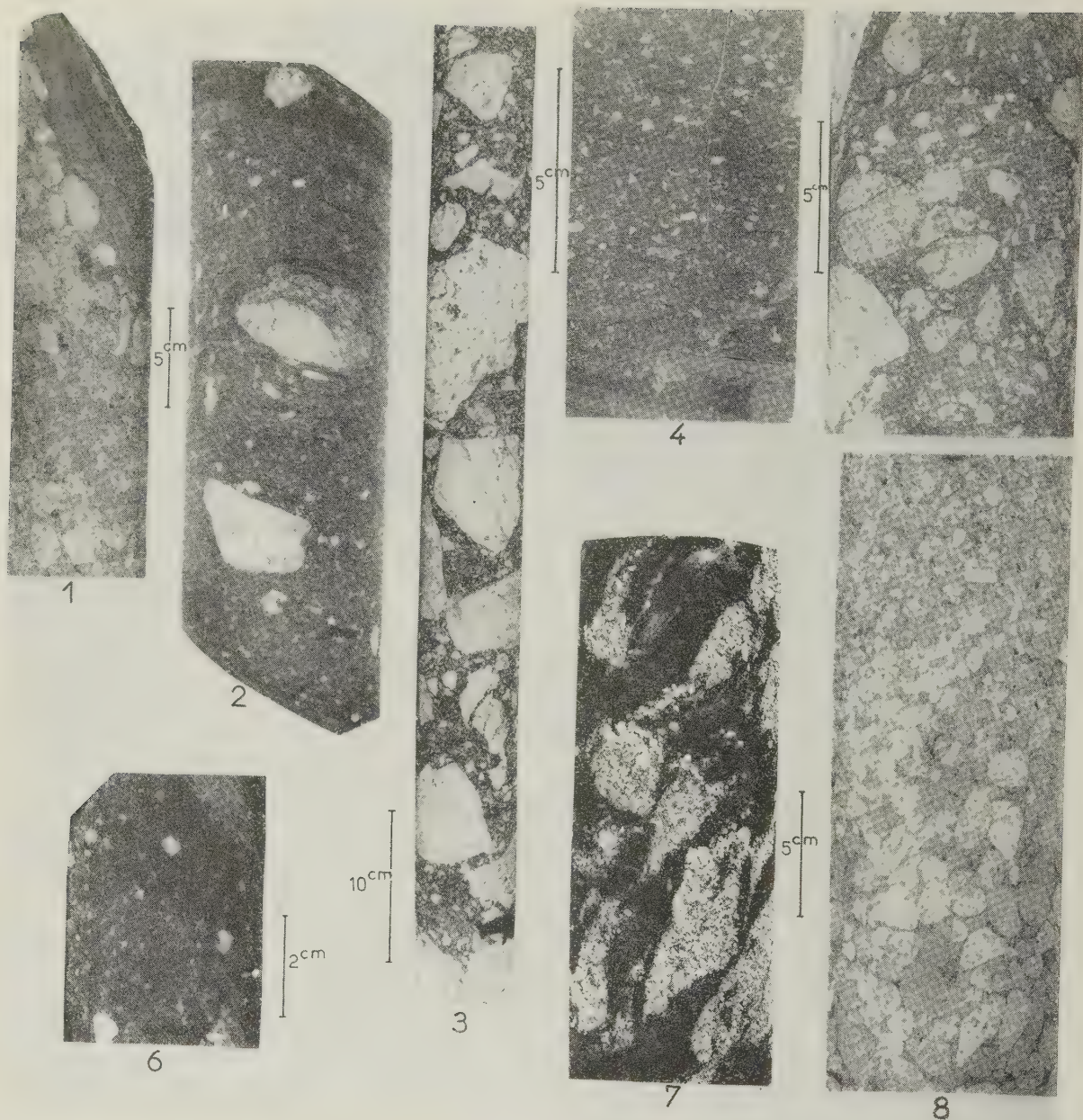
TEXTE-PL. IX : *Galets et « griffes » carbonneuses.*

- FIG. 1. — Galet d'arkose grossière au milieu d'un grès finement stratifié par des lits schisteux, lesquels se sont déformés au contact du galet. S. Panissière, Stéphan. inf.
- FIG. 2. — Axe végétal dont l'enveloppe extérieure seule est conservée, carbonisée, et dont l'intérieur a été remplacé par du gore blanc, identique à celui de la roche encaissante. S. Rozelay, 150 m, Stéphan. moy.
- FIG. 3. — Grosses « griffes » carbonneuses dans une arkose grossière. S. Curney 5, 318 m, Stéphan. moy.
- FIG. 4. — « Griffes » carbonneuses peu épaisses, étalées dans des plans sensiblement parallèles. S. Porcellette Est, 650 m, Westphalien D.
- FIG. 5 et 6. — Galet de granite isolé dans une série qui s'est plissée à son contact. Stéphan. sup. 5 : S. Veuvrotte I ; 6 : S. Veuvrotte III.



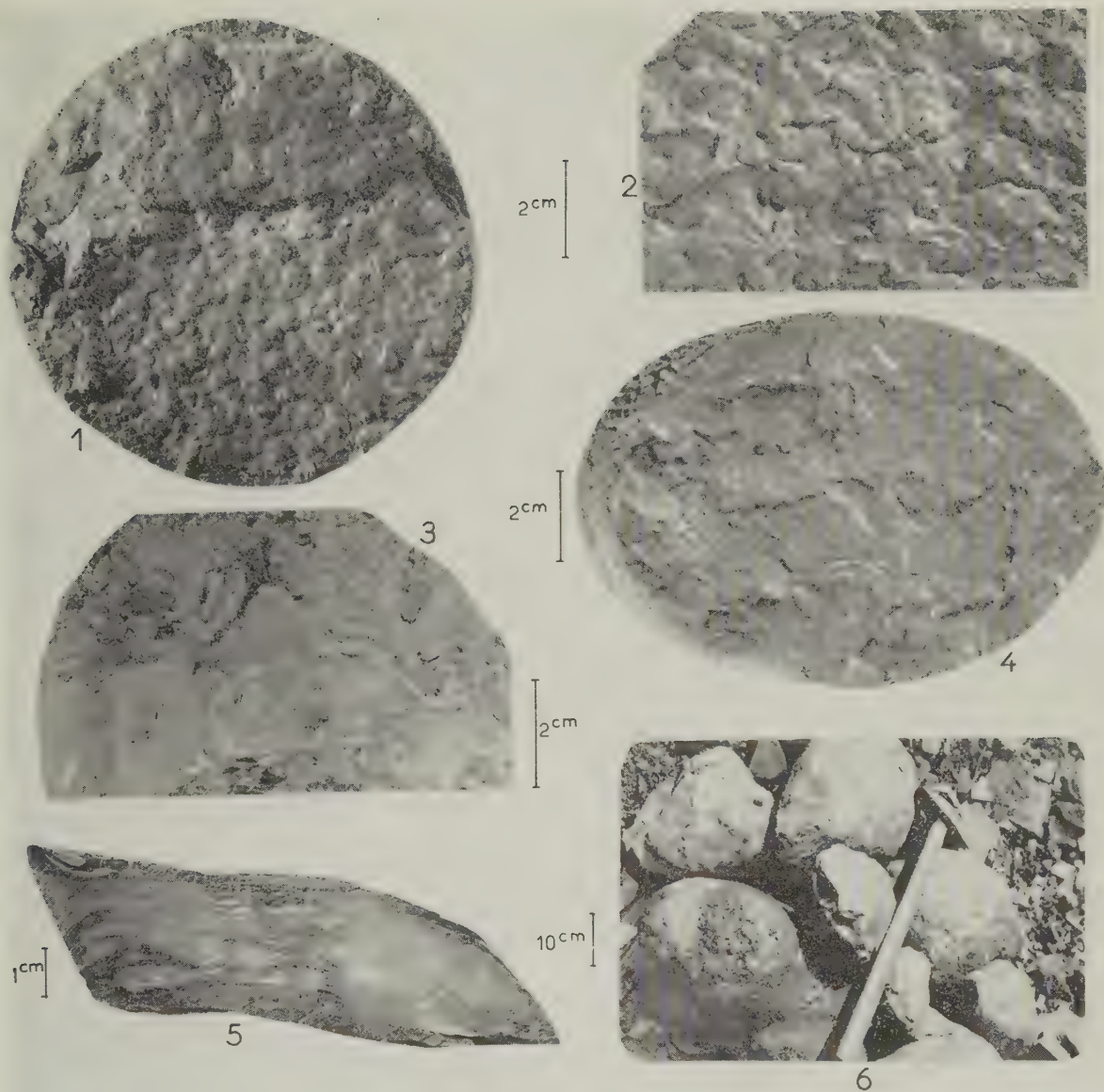
TEXTE-PL. X : *Microfaïlles de tassement, filons clastiques et autres.*

- FIG. 1. — Microfaïlle de tassement contemporaine de la sédimentation. Veuvrotte I, 111,23 m, Stéph. sup.
- FIG. 2. — Schistes gréseux et grès straticulés à stratification ondulée, disloqués dans la partie supérieure avec remplissage gréseux. Veuvrotte V, 205 m, Stéph. sup.
- FIG. 3. — Filon (dyke) clastique gréseux coupant perpendiculairement une série de schistes gréseux et straticulés à la base puis compacts. Rozelay J, 520 m, Stéph. moy.
- FIG. 4. — Microfaïlles de tassement multiples. Rozelay L, 206 m, Stéph. moy.
- FIG. 5. — Stratification entrecroisée dans des dépôts alternativement schisteux et gréseux. Veuvrotte V, Stéph. sup.
- FIG. 6 et 7. — Vu sur les deux faces opposées de la carotte : contact irrégulier entre grès grossier supérieur et schistes gréseux straticulés sous-jacents. Veuvrotte V, 261 m, Stéph. sup.
- FIG. 8. — Mince banc de grès étiré et disloqué ; la carotte est représentée ici à 90° par rapport à sa position normale. Veuvrotte II, 341 m. Stéph. sup.



TEXTE-PL. XI : *Faciès détritiques particuliers.*

- FIG. 1. — Conglomérat polygénique dit « de Verneuil », recoupé à la base du Stéphanien moyen dans de nombreux sondages de la région de Marcy, SE de l'exploitation de la Machine (Nièvre). Marcy 2, 871,80 m.
- FIG. 2. — « Arkose conglomératique demi-deuil ». Rozelay 2, 190 m., Stéph. moy.
- FIG. 3. — « Gratte » ou « brèche de base » (blocs argileux non jointifs dans un ciment formé lui-même d'arkose demi-deuil). Savigny, 600 m, Stéph. moy.
- FIG. 4. — « Grès nougat ». Veuвроtte n° 1, 232 m, Stéph. sup.
- FIG. 5. — Conglomérat à pâte noire, à galets de gneiss blanc mal calibrés. Bois du Leu, 978 m, Stéph. moy.
- FIG. 6. — Variété de « grès nougat » à éléments moins bien calibrés que ceux de la fig. 4. Germancy, 850 m, Stéph. sup.
- FIG. 7. — Morceaux anguleux d'arkose grossière dans un schiste compact noir. Veuвроtte n° 1, 202 m, Stéph. sup.
- FIG. 8. — « Grès mosaïque » dont les éléments pour ainsi dire jointifs ont subi un classement vertical progressif.



TEXTE-PL. XII : Surfaces de stratification particulières, concrétions.

- FIG. 1. — Délit schisteux recouvert de petits creux arrondis ressemblant aux traces laissées sur une dalle par des gouttes de pluie.
- FIG. 2. — Traces de courant (?) sur une surface de stratification d'un schiste gréseux. Sorme, 581 m. Autunien.
- FIG. 3. — Concrétions carbonatées de très petite taille (quelques mm à 2 cm) dans un schiste gréseux. Sanvignes, Autunien.
- FIG. 4. — « Muddle craks » : fissures de dessiccation remplies de grès sur un délit schisteux. Sorme, 745,25 m, Autunien.
- FIG. 5. — Concrétions lenticulaires en chapelet, ayant incurvé les lits du schiste sur lequel elles se sont formées. Rozelay L, Stéphan. moy.
- FIG. 6. — Très grandes concrétions carbonatées (diamètre 25 cm en moyenne) en forme de « miches ». Déblais de la mine de la Bou-tière (Isère).

Conclusions.

Que peut nous apporter l'observation de ces phénomènes ?

Nous avons déjà signalé au début de cet exposé, son intérêt paléogéographique.

Prenons le cas du bassin carbonifère et permien de Blanzky et du Creusot. Rappelons que ce bassin forme une bande encaissée entre les

massifs granitiques et gneissiques du Morvan et du Charollais.

Le Houiller affleure largement sur le bord sud-est et en quelques points seulement sur la bordure nord-ouest ; tout le centre de la cuvette est occupé par du Permien.

De nombreux sondages ont été effectués de

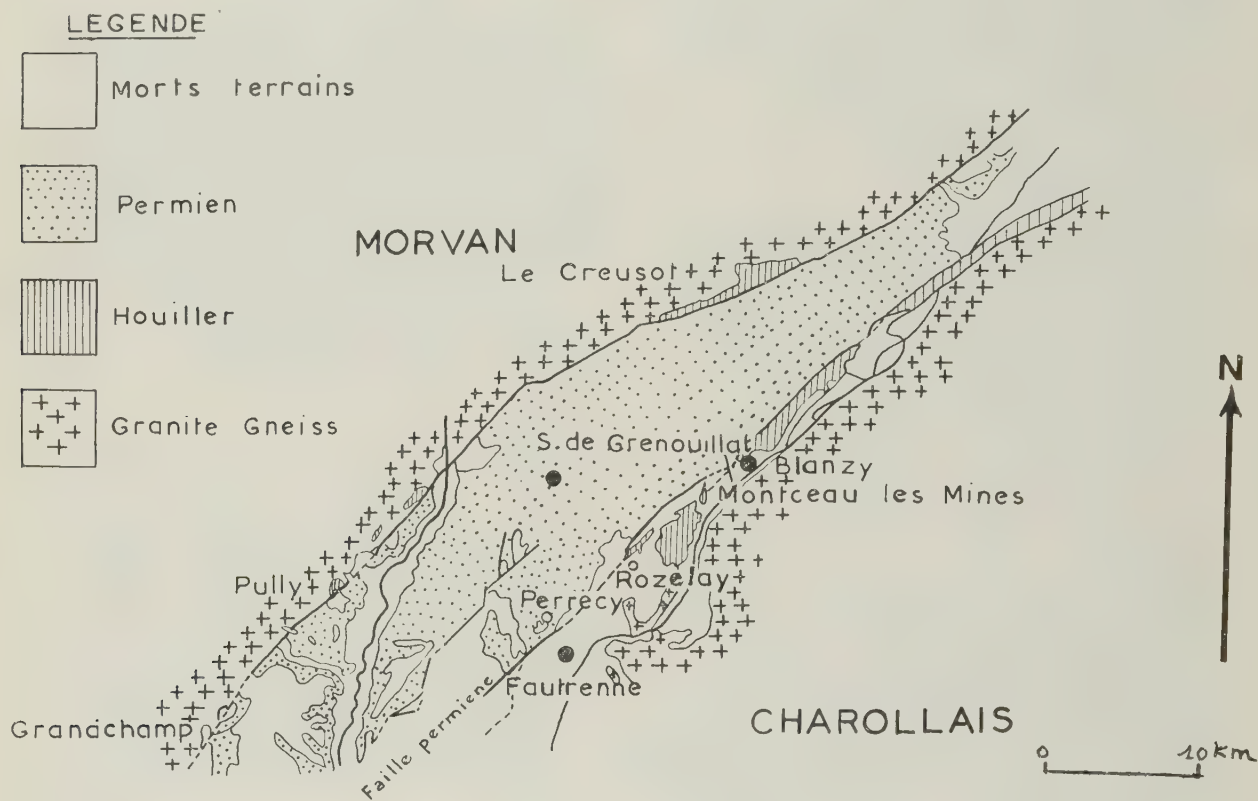


FIG. 2. — Schéma géologique du bassin de Blanzky.

Montceau à Perrecy de part et d'autre de la grande faille SW-NE (ou plutôt du système de failles) qui sépare le Houiller du Permien.

C'est ainsi que nous avons observé, au sondage de Fautrenne, une épaisseur de plus de 1 000 m de sédiments grossiers et stériles. Il existait donc au Stéphanien, dans la région de Fautrenne, un cône de déjections, débouché d'un important cours d'eau. Cette alimentation grossière du lac houiller sur une si grande épaisseur traduit une certaine permanence dans

les conditions de dépôt. Et ces conditions étaient telles qu'il était impossible au charbon de se déposer à cet endroit, ce qui n'excluait pas pour cela son dépôt dans les régions voisines, comme le prouvent les exploitations de Chatzeau et les sondages avoisinants.

A Blanzky même, un sondage, implanté à quelques centaines de mètres du granite affleurant en bordure, a recoupé, sur plus de 850 m, une formation stéphanienne grossière et stérile sans atteindre le socle cristallin. Le lac

houiller devait être surplombé en cet endroit par une falaise abrupte, à la façon de certains lacs d'effondrements africains.

Un autre témoin de reliefs accusés est la présence d'énormes blocs dans les conglomérats observés dans l'exploitation et dans certains sondages. Il semble qu'entre Blanzky et Perrecy ait persisté une large baie où des conditions de calme permettaient l'accumulation de débris végétaux et la formation de couches de houille pouvant atteindre une grande puissance (20 m et plus).

L'aire de dépôt du charbon dans le bassin de Blanzky semble bien avoir pour limite au Nord-Ouest une zone de fractures qui auraient été en relation avec l'enfoncement de la partie centrale du bassin. Or, la plupart des sondages

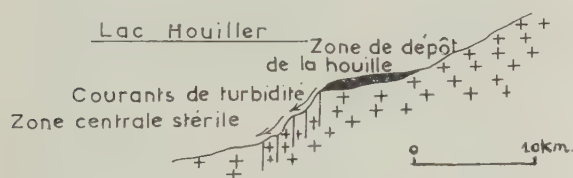


FIG. 3. — Aire de dépôt du charbon dans le bassin de Blanzky.

effectués au cours de ces dernières années étaient situés au voisinage de cette zone et s'y sont montrés très riches en particularités de sédimentation.

On a pu même constater que certaines de ces particularités intéressaient des zones privilégiées à l'intérieur de secteurs restreints : ainsi dans la région de Rozelay où des sondages très rapprochés présentaient des modes de sédimentation très différents. Ce qui tend à prouver encore qu'il existait une certaine permanence dans les conditions de dépôt. Par contre, un sondage effectué au centre du bassin (sondage du Grenouillat) a traversé sur près de 1 000 m une série autunienne monotone et stérile, calme, formée essentiellement de schistes plus ou moins bitumineux riches en écailles de

Poissons et en traces végétales macérées, entrecoupés de bancs d'arkose à ciment dolomitique généralement peu épais. De tels dépôts sont l'indice d'une sédimentation en eau calme, tandis que les terrains de même âge déposés en bordure du bassin présentaient, comme ceux du Stéphien, des caractères de sédimentation plus troublée.

Tous ces faits prouvent que les contours du bassin stéphano-autunien étaient, à peu de chose près, ceux que nous voyons aujourd'hui.

Les phénomènes que nous avons décrits ne sont pas particuliers aux bassins limniques, on en connaît d'analogues dans les bassins paraliques [Scheere, 1954 etc...]. Cela n'a rien de surprenant car, si différentes que soient les positions de ces deux sortes de bassins houillers par rapport à la chaîne hercynienne, et par cela même leur mode d'alimentation, cela n'empêchait pas les conditions de sédimentation (ou d'érosion) d'avoir été localement et momentanément identiques. C'est ainsi qu'on a reconnu à Blanzky les mêmes phénomènes de « wash-out » qui sont si fréquents dans le grand bassin paralique du Nord-ouest de l'Europe.

L'attention des géologues étudiant la sédimentologie des bassins houillers paraliques semble avoir été orientée surtout, ces derniers temps, vers l'étude des *cyclothèmes*. Nous avons tenté d'étendre cette conception aux gisements limniques étudiés. Il nous est arrivé fréquemment d'observer la succession suivante de bas en haut : arkoses grossières, grès fins, schistes compacts, parfois, mais pas toujours, charbon. Cette succession se répète plusieurs fois, et alors les arkoses de la deuxième séquence reposent par contact brutal sur les sédiments fins du sommet de la précédente. Mais on ne peut parler ici de cyclothèmes vrais, car ces phénomènes n'intéressent qu'une très faible étendue du bassin limnique.

Cette méthode des cyclothèmes ne peut être utilisée pour l'établissement de corrélations entre différents points d'un même bassin limnique.

Bibliographie sommaire.

- ANCION Ch. (1958). — Méthodes, enseignements et énigmes de la géologie du terrain houiller. *Bull. Soc. géol. Belgique*, t. LXXXII, p. 29-51.
- BERSIER A. (1949). — La sédimentation cyclique de type molassique paralique en fonction de la subsidence continue. *In* Sédimentation et quaternaire. Bordeaux, Led Sam, éd.
- (1948). — Les sédimentations rythmiques synorogéniques dans l'avant fosse molassique alpine. *Rep. 18th sess. intern. geol. Congr. Gr.-Brit.*, part IV, p. 83-93.
- BOUROZ A. (1940). — Faciès et massifs de végétation dans la formation houillère du Nord de la France. Lille, impr. Douriez-Bataille.
- DELMER A. (1959). — La sédimentation cyclique et notamment la sédimentation houillère considérée comme un phénomène d'oscillation de relaxation autoentretenu. *3^e Congr. Stratigr. et Géol. Carbonifère Heerlen*, 1951, p. 135-139.
- FAYOL H. (1887). — Études sur le terrain houiller de Commentry. T. I « Lithologie et Stratigraphie ». *Bull. Soc. Ind. minér.*
- FEYS R. et GREBER Ch. (1958). — Le bassin houiller de Blanzey et du Creusot. *Ibid.*, vol. 40, nos 6 et 7 et *Publ. B. R. G. M.*, n° 21.
- GOGUEL J. (1938). — Glissements sous-marins dans le Crétacé inférieur. *B. S. G. F.*, (5), VIII, p. 251-256.
- GRAND'EURY C. (1887). — Formation des couches de houille et du terrain houiller. *Mém. Soc. géol. France*, Géol., 3^e sér., t. IV, n° 3, 196 p., 10 pl.
- GULINCK M. (1948). — Sur des phénomènes de glissement sous-aquatique et quelques structures particulières dans les sables landéniens. *Bull. Soc. géol. Belgique*, t. LVII, p. 12-30.
- LOMBARD A. (1956). — Géologie sédimentaire. Les séries marines. Paris, Masson et C^{ie}.
- MACAR P. (1948). — Phénomènes intraformationnels dans les couches de l'Inkisi (Congo occidental). *Bull. Soc. géol. Belgique*, t. 71, p. 151-167.
- PRUVOST P. (1943). — Filons clastiques. *B. S. G. F.*, (5), XIII, p. 91.
- (1954). — Lésions internes et autocicatrisation dans une série sédimentaire en cours d'accumulation. *Ann. Hébert et Haug*, t. VIII, p. 296-313.
- SCHEERE J. (1954). — Contribution à l'étude lithologique du terrain houiller de Belgique. *In* volume jubilaire V. Van Straelen, t. 1, p. 1-73. Bruxelles.
- SHROCK R. (1948). — Sequence in layered rocks. New York et Londres, Mc Graw-Hill Book Cy.
- STASSEN P. (1948). — Wash-out et dédoublement de couches aux charbonnages de Houthalten. *Ann. Soc. géol. Belgique*, t. LXXII, p. 101-114.
- STRAKHOV N. M. (1957). — Méthode d'étude des roches sédimentaires. (Trad. *Ann. Serv. Inf. géol. B. R. G. M.*, n° 35.)
- TWENHOFEL W. H. (1932). — Treatise on sedimentation. 2^e éd. New York et Londres, Mc Graw-Hill Book Cy.
- (1950). — Principles of sedimentation. 2^e éd. New York et Londres, Mc Graw-Hill Book Cy.
- WANLESS H. R. (1952). — Studies of field relations of coal beds. *In* Second conference on the origin and constitution of coal, p. 148-180. Nova Scotia, Crystal Cliffs.

Stratigraphie du bassin houiller de Lons-le-Saunier (Jura)

Note préliminaire

par Charles GREBER et Georges LIENHARDT *

Sommaire. — Définition des différentes assises du bassin de Lons-le-Saunier d'après leurs caractères paléobotaniques.

L'étude systématique des carottes de sondages, exécutés dans la région de Lons-le-Saunier (Jura) en vue de la reconnaissance du Houiller productif, a permis d'établir une série stratigraphique dont l'argumentation est au départ essentiellement sédimentologique, mais qui est nettement confirmée par la récolte d'une flore assez abondante. Nous décrirons rapidement cette série de bas en haut :

1. STÉPHANIE INFÉRIEUR. — *Assise de Moiron* (épaisseur au sondage de Moiron : 255 m) du nom du sondage où elle est le mieux représentée. Cette assise est caractérisée par une sédimentation complexe de schistes et d'arkoses ; aucune stratigraphie fine n'y est possible. Il s'agit d'un comblement assez anarchique des paléocraux du socle cristallin sur lequel elle repose.

La flore est caractéristique du Stéphanien inférieur avec l'association : *Pecopteris arborescens* SCHLOTH., *P. lamurensis* HEER, *Mixoneura flexuosa* G. E. et *M. neuropteroides* GÖPERT. Enfin, dans différentes coupes, de minces bancs à *Estheria cebennensis* G. E. ont été découverts.

2. STÉPHANIE MOYEN. — a) *Assise de Lons* (épaisseur au sondage de Lons 1 : 236,90 m). Contrastant nettement dans son dépôt avec la précédente, cette assise est formée de bancs réguliers, renfermant dans les cas favorables du charbon en quantité appréciable. Pour la commodité de l'étude, elle a été subdivisée en deux zones groupant chacune deux faisceaux dont les limites choisies sont toutes sédimentologiques (conglomérat caractéristique, apparition de couleurs rouges d'origine primaire...).

Du point de vue paléobotanique cette assise n'a pu être séparée de la suivante, toutes deux appartenant au Stéphanien moyen.

b) *Assise de Villeneuve* (épaisseur au sondage de Villeneuve 2 : 311, 60 m). Les grandes différences entre ces deux assises, pour l'assise de Villeneuve, consistent d'une part en la prédominance des faciès rouges et d'autre part en la rareté des veines de charbon.

La flore. Les plantes caractéristiques de l'assise de Moiron disparaissent très rapidement à la base de l'assise de Lons pour faire place à une nouvelle flore. Les espèces suivantes ont été récoltées :

— *Sphenophyllum emarginatum* BRONGN., qui apparaît dans l'assise de Moiron, est très rapidement remplacé par *Sph. oblongifolium* GERMAR et KAULFUSS.

— *Odontopteris reichi* GUTB. et *O. minor zeilleri* POTONIE, espèces très voisines et qui peuvent prêter à confusion, sont abondantes dans toute l'assise de Lons, ainsi que le *Dicksonites pluckeneti* SCHLOTH.

— *Callipteridium pteridium* SCHLOTH. est relayé par *C. gigas* GUTBIER (faiblement représenté) vers le sommet de l'assise de Lons.

Il s'agit donc bien de Stéphanien moyen. Toutefois, l'assise de Villeneuve serait déjà assez haut dans la série. En effet, *Linopteris brongniarti* GUTB. ne l'atteint pas et elle voit l'apparition timide de *Neuropteris cordata* BRONGN. et de *Dicksonites leptophylla* BUNBURY, espèces considérées comme étant du Stéphanien supérieur.

* Note présentée à la séance du 2 mai 1960. Bureau de recherches géologiques et minières, Paris.

LISTE DES FOSSILES CARACTÉRISTIQUES	STÉPHANIEN						
	Age	inférieur		moyen			
	Assises	Moiron	Lons inférieur		Lons supérieur		Villeneuve
	Faisceaux	F	E	D	C	B	A
<i>Pecopteris arborescens</i> SCHLOTH.		—					
<i>P. lamurensis</i> HEER.		—					
<i>Callipteridium gigas</i> GUTB.					—	—	—
<i>C. pteridium</i> SCHLOTH.		—	—	—	—	—	—
<i>Neuropteris cordata</i> BRONGN.					—	—	—
<i>Linopteris brongniarti</i> GUTB.		—	—	—	—	—	—
<i>Mixoneura neuropteroides</i> GÖPPERT.		—	—				
<i>M. flexuosa</i> GR. E.		—	—				
<i>Odontopteris minor zeilleri</i> POTONIÉ				—	—	—	—
<i>O. reichi</i> GUTB.		—	—	—	—	—	—
<i>Dicksonite pluckeneti</i> SCHLOTH.		—	—	—	—	—	—
<i>Sphenophyllum emarginatum</i> BRONGN.		—	—	—	—	—	—
<i>S. oblongifolium</i> GERMAR et KAULF.		—	—	—	—	—	—
<i>Estheria cebennesis</i> GR. E.		—					

TABL. 1. — Répartition de la flore du bassin houiller de Lons-le-Saunier.

EN CONCLUSION, le bassin houiller de Lons-le-Saunier, reconnu uniquement par sondage, offre une parenté certaine avec les bassins houillers

du Massif central. Son épanouissement est réalisé dans la moitié inférieure du Stéphanien moyen (assise de Lons).

Bibliographie.

BONTE A., GOGUEL J., GREBER Ch., LAFFITTE P., LIENHARDT G. et RICOUR J. (1953). — Le bassin houiller de Lons-le-Saunier. *Ann. Mines*, t. VI, p. 3-50 et *Publ. B. R. G. M.*, n° 10.

GREBER Ch. (1954). — Flore et stratigraphie du terrain houiller de la région de Lons-le-Saunier. *B. S. G. F.*, (6), IV, p. 431-441.

Sur les cuticules de Cordaïtales

Note préliminaire

par Christiane LEDRAN*.

Sommaire. — Les premiers résultats obtenus par l'étude systématique des cuticules des feuilles de Cordaïtales permettent dès à présent d'envisager de nouveaux critères de définition des espèces, une détermination plus précise, ainsi qu'une classification nouvelle.

Certains auteurs ont quelquefois décrit des cuticules de Cordaïtes, tels Florin [1931], Grand'Eury [1877] et Wills [1914]. Il semble intéressant pour préciser leur diagnose, d'examiner systématiquement leurs cuticules.

Chez les Cordaïtales, étant donné la carbonisation des empreintes, les cuticules ne s'obtiennent pas simplement par application d'un film d'acétate de cellulose, comme pour les plantes fossiles peu carbonisées, mais elles doivent subir une oxydation suivie d'une mise en solution des acides humiques par une base. La liqueur de Schülze, quelque peu modifiée, donne de bons résultats.

Ensuite, les fragments d'épiderme sont traités suivant les procédés botaniques en usage pour les plantes actuelles : déshydratation puis montage dans le baume de Canada. En quelques cas, des essais de coloration tentés se sont révélés satisfaisants.

Cependant, il n'est pas possible de dégager une méthode générale, les divers échantillons réagissant tout à fait différemment. Il a fallu adapter les procédés à chaque cas particulier et modifier le choix des réactifs, ainsi que l'ordre et le temps d'application. D'une manière générale, il est relativement facile de détacher l'épiderme pour les fossiles provenant de la proximité de couches charbonneuses riches en matières volatiles. Par contre, les échantillons provenant de veines anthraciteuses se sont jusqu'alors montrés absolument réfractaires aux divers traitements ; il semblerait même qu'en ces cas tout tissu végétal ait totalement disparu.

Finalement, les procédés utilisés, bien que nécessitant encore des mises au point, ont per-

mis d'obtenir des fragments d'épiderme plus ou moins grands suivant les espèces de Cordaïtales. D'autres se dilacèrent au cours du traitement, ou s'enroulent, ceci en relation avec la structure de la feuille. Cependant, d'une façon générale, l'épiderme supérieur se montre plus résistant que l'épiderme inférieur, ce dernier possédant fréquemment de nombreux stomates.

GÉNÉRALITÉS SUR LA STRUCTURE DES CUTICULES DE CORDAÏTALES. — Les cellules épidermiques apparaissent, dans la majorité des cas, nettement rectangulaires. Elles sont disposées en longues files régulières. La taille de ces cellules est assez variable suivant les espèces. On observe également des variations dans l'épaisseur des parois cellulaires. Tous ces caractères semblent fonction de la spécificité.

C'est ainsi que les épidermes supérieurs se répartissent en deux groupes, avec ou sans stomates. Dans le premier cas, leur nombre est toujours relativement faible. Au contraire, les épidermes inférieurs possèdent une densité de stomates beaucoup plus élevée, ce qui permet de mieux étudier leur structure. Elle est simple, de type haplocheile (d'après Florin [1931]), primitive et généralement monocyclique avec un seul cycle de cellules accompagnatrices.

L'étude des quelques exemples présentés ici précisera en outre les caractères de la répartition des stomates suivant les espèces et permettra de dégager les lignes d'une nouvelle classification.

* Note présentée à la séance du 2 mai 1960.

ÉTUDE DES CUTICULES DE QUELQUES ESPÈCES DE CORDAÏTALES.

Cordaïtes borassifolius STERNB.¹ (fig. 1, A a à A d) (éch. 1 : de Feterchen III, Lorraine ; éch. 2 : de Feterchen VI, flambants supérieurs). La cuticule supérieure s'obtient facilement et

donne de grands fragments. Au contraire la cuticule inférieure se dilacère en bandes étroites.

Épiderme supérieur (fig. 1 A a à A c). Bandes stomatiques espacées de 200 à 250 μ , stomates répartis sur ces bandes avec un certain rythme : 4, 3, 2, 1, 1, 3 ; 4 à 5 cellules accompagnatrices,

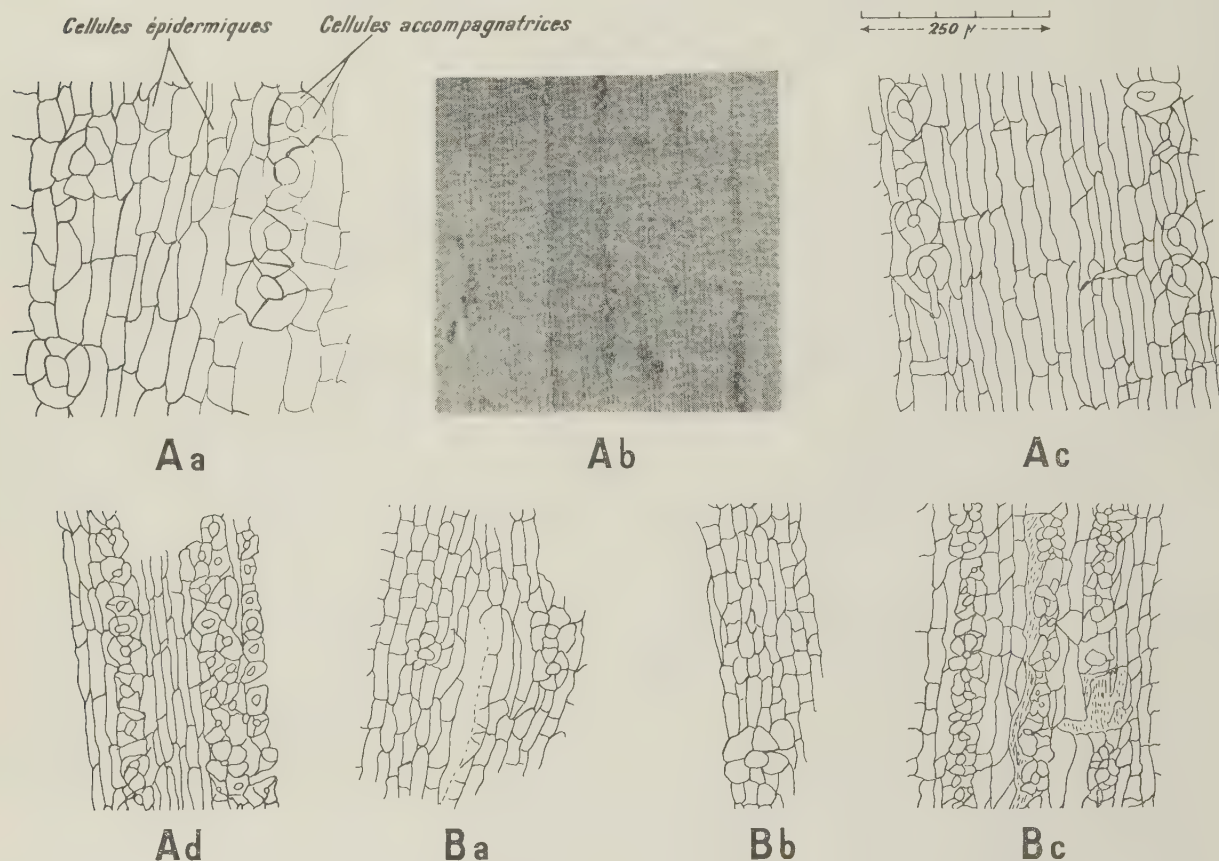


FIG. 1.

A : *Cordaïtes borassifolius* STERNB. A a à A c : épiderme sup. ; A d : épiderme inférieur (A a : éch. 1 ; A b à A c : éch. 2 ; A b : $\times 70$).

B : *Cordaïtes angulostriatus* G. E., éch. 3. B a et B b : épiderme sup. ; B c : épiderme inférieur.

formant un ensemble circulaire de diamètre = 50 à 100 μ . Taille des cellules épidermiques : long. = 50 à 250 μ ; larg. = 15 à 25 μ .

Épiderme inférieur (fig. 1, A d). Cellules épidermiques : long. = 50 à 150 μ , larg. = 12,5 à 15 μ . Stomates très nombreux, pratiquement côte à côte sur 2 ou 3 files, séparés des files suivantes par 4 à 6 cellules épidermiques ; 3 à 4 cellules accompagnatrices (d = 25 à 50 μ).

Sur les préparations colorées par la fuchsine

ammoniacale, celles-ci apparaissent jaunes, alors que les cellules épidermiques sont roses.

Cordaïtes angulostriatus G. E. (fig. 1, B a à B c) (éch. 3 : de Menotons 578 m Nièvre). Comme pour l'espèce précédente, la cuticule supérieure forme de grands fragments, alors que l'inférieure se dilacère en fines lamelles.

1. Pour la détermination macroscopique des espèces, voir Ch. LEDRAN [1958].

L'aspect général des deux épidermes est très voisin de celui de *Cordaites borassifolius* STERNB., seuls, le nombre et la taille varient.

Épiderme supérieur (fig. 1, B a et B b). Bandes stomatiques distantes de 100 à 200 μ . Stomates isolés ou par groupe de deux sur ces bandes, éloignés de 250 à 400 μ . Cinq cellules accompagnatrices ($d = 50$ à 100 μ).

Épiderme inférieur (fig. 1, B c). Stomates jointifs sur une rangée, séparés de la suivante par 50 μ (2 à 3 cellules épidermiques); quatre ou cinq cellules accompagnatrices ($d = 50$ μ).

Taille des cellules épidermiques (semblable pour les deux épidermes) : long. = 50 à 100 μ ; larg. = 15 à 25 μ .

Cellules accompagnatrices et épidermiques uniformément roses après coloration à la fuchsine ammoniacale.

Cordaites lingulatus G. E. (fig. 2, A a à A c). (Sainte-Barbe, 2^e couche gore blanc, échantillon 4, récolté en carrière; couches de charbon voisines : 17 % de matières volatiles). Au cours du traitement, la pellicule charbonneuse s'enroule, puis se fragmente finement. Elle présente une

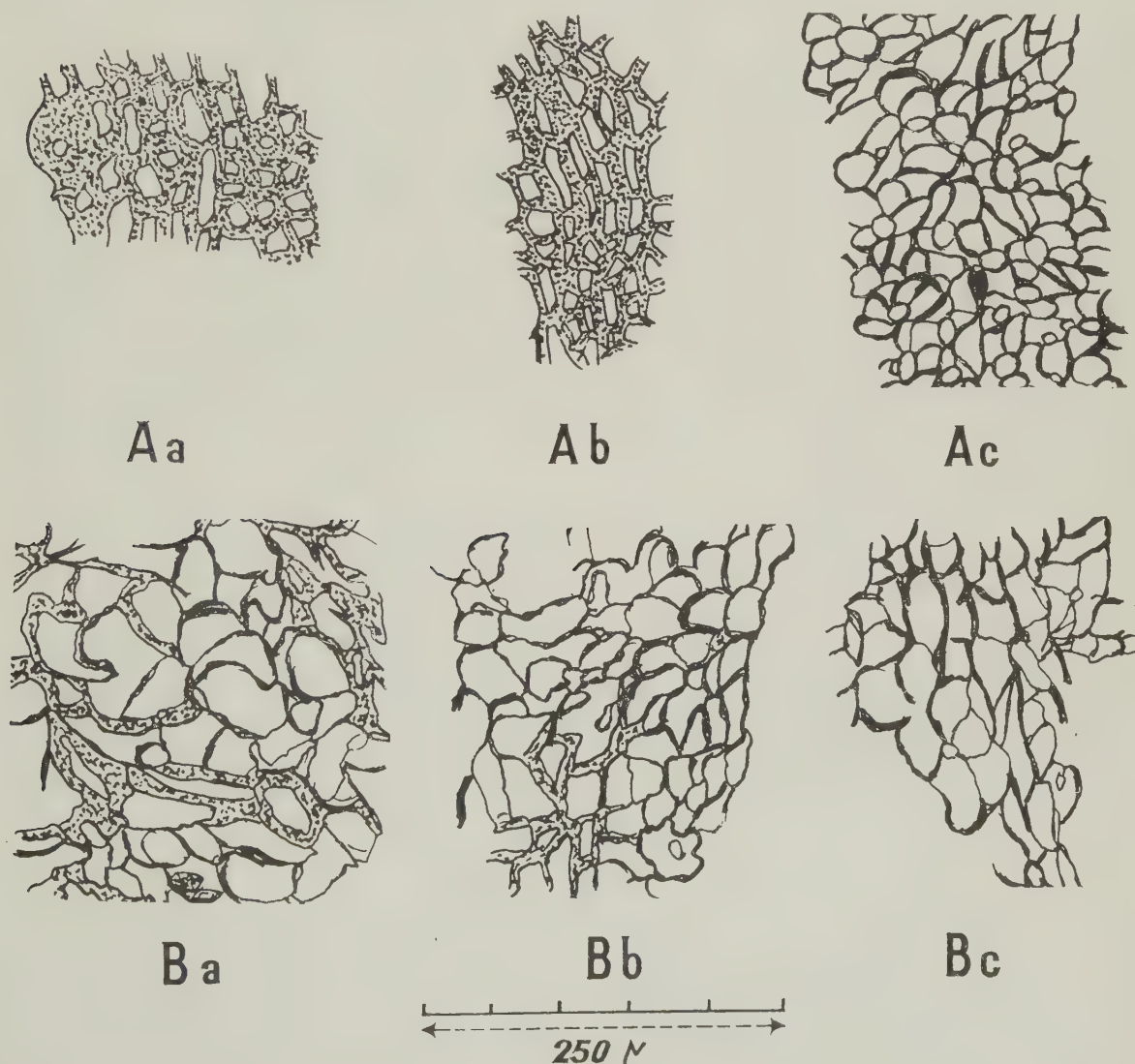


FIG. 2.

A : *Cordaites lingulatus* G. E., éch. 4. A a et A b : pellicule sup. ; A c : pellicule inf.

B : *Dorycordaites cf. palmaeformis* Gopp. B a et B b : cuticule sup. ; B c : cuticule inf. (B a : éch. 5 ; B b et B c : éch. 6).

14 juin 1961.

structure cellulaire très particulière ne ressemblant pas aux cuticules décrites précédemment : on y distingue deux types :

— l'un sans stomates (fig. 2, A a et A b), avec des cellules rectangulaires, en files plus ou moins régulières, à parois très épaisses, rapelant plus des cellules de liège que des cellules épidermiques ; long. = 25 à 50 μ , larg. = 15 à 25 μ . Seward [1917] a décrit une cuticule de *Cordaicarpus cordai* très semblable à celles que j'ai obtenues pour les feuilles.

— l'autre (fig. 2, B c), avec peut-être de nombreux stomates, disposés sans ordre, à structure très imprécise, au sein d'une mosaïque de cellules à parois épaisses et à contours arrondis.

Des essais tentés sur de nombreuses *C. lingulatus* G. E. ont toujours donné des résultats semblables. Mais un doute subsiste quant à la nature même de ces pellicules.

Dorycordaïtes cf. palmaeformis Gopp. (fig. 2, B a à B c) (éch. 5 : de Feterchen I Lorraine, flamant supérieur ; éch. 6 : de Marcy III, sommet du Stéphanién, près de charbons renfermant 39 % de matières volatiles).

Les fragments de cuticules s'obtiennent facilement, mais se dilacèrent beaucoup.

Pour ces deux échantillons, il est difficile de séparer épiderme supérieur et épiderme inférieur. Les stomates ne sont pratiquement pas visibles. Quant aux cellules épidermiques, elles montrent un enchevêtrement assez inextricable, ne présentant aucun ordre dans leur disposition ni dans leur forme. Leurs parois sont parfois épaissies, mais jamais comme chez *C. lingulatus* G. E.

CONCLUSIONS. — De cette étude préliminaire de cuticules des feuilles de Cordaïtales, divers caractères peuvent être dégagés. *Il apparaît nettement que chaque espèce possède une structure épidermique particulière, d'où la possibilité de l'utiliser comme critère spécifique.* Certaines

Cordaïtales ont, en effet, indiscutablement des stomates à chaque épiderme, leur nombre restant toujours plus élevé pour l'épiderme inférieur. D'autres, au contraire, en sont totalement dépourvus à l'épiderme supérieur.

Enfin, dans le cadre du groupe des Cordaïtales, il a pu déjà être reconnu au moins trois types très différents de cuticules épidermiques. Chez les uns, les cellules épidermiques sont rectangulaires et les stomates sont, soit juxtaposés, soit répartis suivant un certain rythme, variable avec l'espèce, le long de files plus ou moins espacées les unes des autres, comme par exemple chez *C. borassifolius* STERNB. (éch. 1, fig. 1 A a ; éch. 2, fig. 1 A b et A c) et *C. angulostriatus* G. E. (éch. 3, fig. 1 B a et B c). Avec d'autres, les pellicules supérieures sont également rectangulaires, mais à parois très épaisses, et les inférieures sont arrondies, disposées en mosaïque, au milieu desquelles les stomates sont peut-être visibles, comme chez *C. lingulatus* G. E. (éch. 4, fig. 2 A a à A c).

Enfin, chez les Dorycordaïtes, la localisation des stomates reste très imprécise. Quant aux cellules épidermiques, elles sont anguleuses, à parois légèrement épaissies, et réparties sans aucun ordre défini, du moins à l'état de nos investigations. La nervation des Dorycordaïtes ressemblant beaucoup à celles des Eucordaïtes ; une étude précédente m'avait conduit à les rapprocher dans un même groupe [Ledran, 1958]. Les résultats obtenus à partir de la structure épidermique semblent en opposition avec mes précédentes conclusions systématiques, admises d'après les données nervuraires. Le problème de la séparation des Dorycordaïtes et des Eucordaïtes doit donc être réexaminé dans une optique nouvelle, peut-être sous l'angle d'une hiérarchie plus précise des caractères. Seules, des études complémentaires et plus nombreuses permettront de trancher le débat et de nous fournir de nouvelles précisions.

Bibliographie sommaire.

- BOUREAU E. (1954). — Anatomie végétale t. 1, p. 300-305. Paris, Presses universitaires de France.
- FLORIN R. (1931). — Untersuchungen zur Stammesgeschichte der Coniferales und Cordaïtales. 1st Teil : Morphologie und Epidermusstruktur der Assimilationsorgane bei rezenten Koniferen. *Kgl. Svenska Vetensk. Ak. Handl.*, ser. 3, Bd 10.
- GRAND'EURY C. (1877). — Flore carbonifère du département de la Loire et du Centre de la France, Atlas, pl. XVIII, fig. 1. Paris.
- KRISHTOFOVICH A. N. (1957). — Paléobotanique, p. 288-296, fig. 280, II, p. 295, Moscou, Gostoptekhizdat.
- LEDUAN Ch. (1958). — Sur la nervation de quelques feuilles de Cordaïtes. *B. S. G. F.*, (6), VIII, p. 39-44, pl. IV-VI.
- RENAULT B. (1896). — Bassin houiller et permien d'Autun et d'Épinac, fasc. IV. Flore fossile, 2^e partie, p. 332-352. *Études Gîtes minéraux France*.
- SEWARD A. C. (1917). — Fossil Plants, vol. III, p. 355, fig. 505. Cambridge, University Press.
- WILLS L. (1914). — Plant cuticules from coal measures of Britain. *Geol. Mag.*, dec. VI, vol. I, n° 603, p. 385-390, pl. XXX-XXI.

Sur la structure des Sigillaires

par Yves LEMOIGNE *.

Sommaire. — Étude de la structure des tiges de Sigillaires et des rapports entre structure interne et empreintes. Hypothèses sur le développement des Sigillaires.

A) STRUCTURE DES TIGES DES SIGILLAIRES ¹.

— Les tiges des Eu-Sigillaires (formes cannelées) et des Sub-Sigillaires (formes non cannelées du Stéphanien et du Permien) présentent des structures internes similaires, tant dans la nature que dans la disposition relative des différents tissus qui les constituent. Chez ces deux catégories de Sigillaires, on peut observer successivement de l'axe vers la périphérie de la tige :

1) un *tissu médullaire* parenchymateux homogène ou moëlle occupant la région axiale et assez développé,

2) une *stèle centrale* vasculaire libéro-ligneuse : toujours de structure siphonostélisque, elle se subdivise en 3 parties :

a) une partie interne constituée par du bois de première formation. Chez les Eu-Sigillaires, il se présente sous la forme d'une couronne continue. Chez les Sub-Sigillaires jeunes, cette couronne a un bord interne festonné et chez les Sub-Sigillaires âgées, elle est complètement divisée en faisceaux disposés sur un même cercle et le contour de chacun d'eux a la forme d'un segment circulaire à convexité tournée vers l'axe de la tige.

b) une partie moyenne, la plus puissante (dans les tiges adultes et vieilles), constituée par du bois de seconde formation ou deutéroxylème. Celui-ci se présente sous la forme d'une couronne continue d'autant plus développée que la tige est âgée ; par ailleurs, pour des tiges de même âge, elle est beaucoup plus puissante chez les Sub-Sigillaires que chez les Eu-Sigillaires. Les éléments du deutéroxylème dérivent d'un cambium et sont disposés régulièrement en files radiales contiguës ou séparées par une file de petites cellules parenchymateuses ;

c) une partie externe, très peu puissante, essentiellement constituée par du deutérophloème ou liber de seconde formation.

3) une *écorce* très puissante que nous subdivisons en 3 régions :

a) l'écorce interne, de première formation : elle est constituée par un parenchyme renfermant des plages de tissu sécréteur, des faisceaux vasculaires foliaires et parfois, suivant le niveau, de nombreux cordons vasculaires de structure siphonostélisque qui se rendent aux cônes sporifères (les traces de ces cordons sont visibles seulement dans des coupes réalisées au voisinage et en dessous des niveaux d'émission de ces cônes). Dans sa partie moyenne l'écorce interne est constituée par un parenchyme homogène aérifère ;

b) l'écorce moyenne, d'origine cambiale : elle est d'autant plus développée que la tige est âgée. Son développement devient considérable dans les vieilles tiges et, initialement de structure homogène, la partie externe à l'assise cambiale prend un aspect hétérogène à cause de l'évolution particulière de certains groupes de ses éléments.

L'évolution de cette zone externe de l'écorce moyenne est singulière. Nous ne connaissons pas d'équivalent chez les plantes actuelles. En effet, chez les jeunes tiges des Eu-Sigillaires et des Sub-Sigillaires, la zone externe de l'écorce moyenne est homogène et constituée de files d'éléments radiales et contiguës. Chez les tiges âgées, au contraire, elle a un aspect réticulé qui, à première vue, surtout dans les échantillons

* Note présentée à la séance du 2 mai 1960.

1. Cette note résume très sommairement les connaissances acquises actuellement sur les Sigillaires par des mémoires antérieurs dont nous avons repris les études, notamment Brongniart [1839], Renault [1896] et grâce à nos travaux réalisés à partir de lames minces provenant des collections du lab. de Paléobotanique de la Fac. des Sc. de Lille, du lab. de Botanique de la Fac. des Sc. de Dijon, du Mus. nat. d'Histoire naturelle de Paris, du British Museum de Londres. Antérieurement à cette note, nous avons publié quelques résultats d'études [Lemoigne, 1957, 1958].

mal conservés, semble résulter d'une désorganisation d'origine mécanique laquelle aurait provoqué des décollements irréguliers et inégaux de files de cellules. Or il n'en est rien ; une telle interprétation serait fautive. Si, souvent, dans les échantillons que nous avons pu étudier, les espaces — ou mailles — limités par les lames du réticulum sont comblés par de la matière minérale, ils sont par contre, en divers endroits, occupés par un tissu parenchymateux fragile dont les éléments ont une paroi très mince. En section transversale, les mailles, de contour fusiforme, ont leur grand axe de direction radiale et elles sont de plus en plus grandes au

fur et à mesure que l'on va vers la périphérie de la tige. Cet accroissement est lié à la multiplication, avec recloisonnements dans les sens radial et tangentiel, des éléments parenchymateux occupant les mailles. Il porte surtout sur l'augmentation de la largeur des mailles, ce qui paraît bien devoir correspondre à un développement tangentiel de plus en plus marqué de la tige. C'est de l'intercalation et du développement du parenchyme entre les files radiales initiales d'éléments subéreux que résulte l'aspect réticulé.

L'étude comparée de la structure de l'écorce moyenne chez les Sigillaires à divers âges et

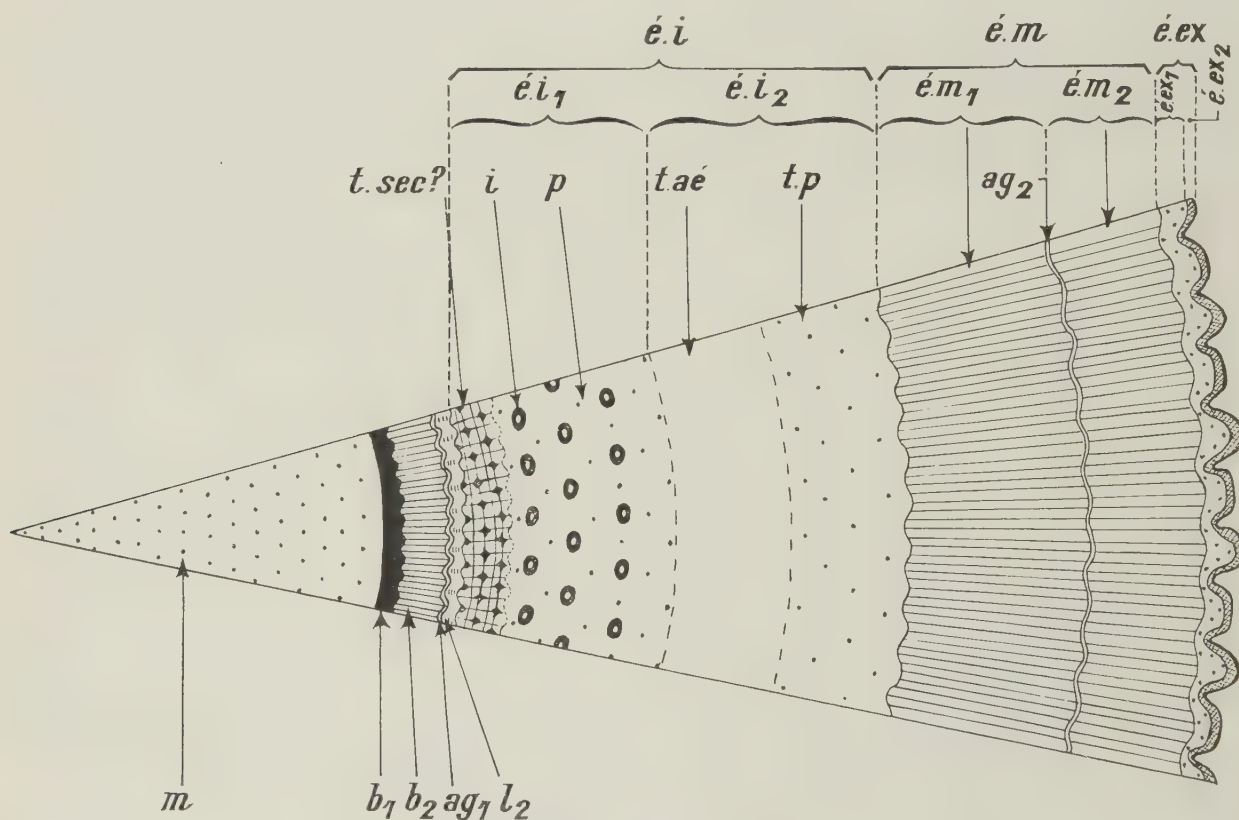


FIG. 1. — Schéma d'une portion de coupe transversale d'une tige d'Eu-Sigillaire (coupe réalisée en dessous et au voisinage d'un niveau d'émission de cônes sporifères ; la tige est à un stade antérieur à celui où un réticulum commence de se développer dans la zone externe (ém₂) de l'écorce moyenne).

m : moelle essentiellement de nature parenchymateuse ; b₁ : bois de première formation ; b₂ : bois de seconde formation ou deutéroxyllème ; ag₁ : assise génératrice libéro-ligneuse ; l₂ : liber de seconde formation ou deutérophloème ; t. sec. ? : tissu sécrèteur dont l'organisation exacte demeure problématique ; é. i : écorce interne de première formation se subdivisant en une zone interne (éi₁) et une zone externe (éi₂) ; i : trace ou section transversale d'un faisceau vasculaire émis par la stèle centrale et se rendant à un cône sporifère ; p : parenchyme (les traces

de faisceaux vasculaires n'ont pas été figurées) ; t. aé : tissu parenchymateux aérifère ; t. p : tissu parenchymateux homogène ; é.m : écorce moyenne de seconde formation se subdivisant en une zone interne (ém₁) et une zone externe (ém₂) ; ag₂ : assise génératrice corticale (= assise subéro-phellodermique) ; é. ex : écorce externe de première formation se subdivisant en une zone interne (é.ex₁) constituée par un parenchyme homogène et une zone externe (é.ex₂) constituée par quelques rangées d'éléments scléreux.

par suite à divers degrés de leur différenciation nous a permis de démontrer que le parenchyme des mailles provient de lentilles d'éléments initiaux de mêmes nature et origine que ceux du réticulum qui ont continué de se développer avec plus ou moins d'intensité en se recloisonnant. Autrement dit, au sein du tissu subéreux initialement homogène, dont les éléments cellulaires ont conservé un grand pouvoir de prolifération, des groupes d'éléments se sont hypertrophiés en se recloisonnant et cela en de multiples endroits. Il en est résulté — dans les tiges âgées — une sorte de disjonction irrégulière du tissu initialement homogène, par suite apparition et développement de la structure réticulée. Il est aisé de comprendre que cette modification secondaire du tissu correspond à un accroissement diamétral continu et important de la tige sans qu'il s'en suive une chute ou exfoliation des tissus périphériques sous le seul effet de la poussée provoquée par les tissus sous-jacents en prolifération notamment du deutéroxylème. Il n'y a pas eu manifestation d'un rythidome cortical comme c'est fréquemment le cas chez les plantes arborescentes actuelles.

Dans les coupes transversales, les différentes lames subéreuses du réticulum se terminent à la périphérie de l'écorce moyenne par des extrémités libres et arrondies, toutes sensiblement au même niveau ;

c) l'écorce externe, de première formation : elle est très peu épaisse, et inégalement développée chez les Eu-Sigillaires où son développement est maximal au milieu des côtes et minimal au niveau des sillons. Elle correspond aux bases foliaires. Dans les très vieilles tiges, elle se distend et s'exfolie en mettant à nu la surface externe de l'écorce moyenne (en empreintes : *Syringodendrons*) laquelle est d'aspect réticulé.

B) RAPPORTS ENTRE STRUCTURES INTERNES ET EMPREINTES. — L'étude des empreintes et moulages de la surface des tiges de Sigillaires montre que l'ornementation de celle-ci paraît varier avec l'âge des tiges, d'où la multiplicité dans la dénomination des empreintes et des moulages qui correspondent en réalité à un nombre réduit d'espèces.

Ainsi chez *Sigillaria brardi* (BRONGN.), les cannelures s'estompent très rapidement avec l'âge, les cicatrices foliaires très proches les unes des autres et surmontées d'un grand pli ligulaire s'éloignent de plus en plus les unes des autres, tandis que les plis ligulaires s'effacent et que la surface de la tige devient chagrinée.

Ces modifications s'expliquent de façon parfaite avec la connaissance de l'évolution de la structure interne des tiges.

En effet la connaissance des modalités du développement de l'écorce moyenne, en liaison avec l'accroissement diamétral de la tige, suffit pour expliquer :

— l'effacement des cannelures et des plis ligulaires,

— l'éloignement de plus en plus marqué des cicatrices foliaires les unes par rapport aux autres,

— l'aspect chagriné de la surface intercicatricielle lequel correspond à une saillie de plus en plus marquée des extrémités périphériques du réticulum de l'écorce moyenne sous-jacente qui distend les tissus superficiels.

C) REMARQUES. — 1. *Sur le développement des Sigillaires.* L'absence de zonation dans le bois a été pour certains auteurs un critère suffisant pour conclure à l'absence de saisons au Paléozoïque. Or nous pensons que, en fait, 3 hypothèses susceptibles de justifier l'absence de zonation méritent d'être envisagées :

— 1^{re} hypothèse : il n'y avait pas de saisons au Primaire et le développement des Sigillaires a été régulier et continu. Il est peu probable qu'il en ait été ainsi. En effet, diverses observations basées sur la sédimentologie et sur le paléomagnétisme tendent à faire penser qu'au Primaire des saisons se manifestaient mais avec une répartition différente de celle d'aujourd'hui.

— 2^e hypothèse : il y avait des saisons au Primaire, et les Sigillaires se seraient développées de façon très rapide, en une seule saison, à la manière des Bambous dans les régions tropicales actuelles. Ceci ne nous paraît pas vraisemblable. Les Sigillaires ont dû avoir une croissance active mais longue et continue comme l'incitent à penser l'évolution particulière de la zone externe de l'écorce moyenne (évolution parallèle à celle du deutéroxylème), les émissions nombreuses et successives de cônes sporifères par les tiges.

— 3^e hypothèse : ou bien enfin, et c'est là notre point de vue, il y avait bien des saisons au Paléozoïque mais des conditions locales, particulières à la forêt houillère, en ont supprimé les effets. Le développement d'un aquixylème (forme de bois à rôle aquifère, assurant un stockage de l'eau) et d'un sclérenchyme sous-épidermique épais dans les feuilles des Sigillaires et d'une façon générale des Lépidophytes arborescentes permet de penser, compte-tenu des caractères spécifiques, que, au-dessus de la forêt houillère, devait régner une insolation très forte.

Nous rejoignons sur ce point les conclusions de Thomas (basées sur l'observation des feuilles d'*Asterophyllites*) et de Lignier (résultant de l'observation des feuilles de *Pecopteris*). Les saisons devaient se traduire par une alternance de périodes sèches et de périodes humides, la température chaude variant peu. Dans le sous-bois, par contre, devait régner une atmosphère humide entretenue par les pluies en périodes humides et par la lagune située à proximité immédiate lors des périodes sèches. Il en résultait un ensemble de conditions favorables à un développement continu et régulier des Sigillaires. Si la croissance en hauteur s'est trouvée limitée, le développement diamétral s'est manifesté de façon continue et régulière jusqu'à la mort de la plante.

Des auteurs comme G. Mathieu [1952] estiment que l'atmosphère du Carbonifère était caractérisée par une teneur en gaz carbonique très forte, environ 500 fois la teneur actuelle ? Loin de partager le point de vue et les déductions de G. Mathieu, nous pensons cependant que la teneur de l'atmosphère en gaz carbonique devait être, à cette époque, un peu plus élevée qu'actuellement, du moins dans les régions où s'étendaient les lagunes houillères. Teneur due au volcanisme intense qui devait se manifester au voisinage de ces régions.

Pour beaucoup d'auteurs, les Sigillaires, et toutes les autres Lépidophytes du Carbonifère moyen et supérieur, étaient frappées de gigantisme ! Ce qualificatif ne peut avoir qu'une valeur très relative. Certes les Sigillaires atteignaient 30 m de hauteur, mais de nos jours des arbres, comme certains Conifères, atteignent ou même dépassent cette dimension sans que nous les considérions comme géants. La grande taille des Sigillaires est un caractère spécifique au même titre que la forme des feuilles ou des cicatrices foliaires. Les cellules des tissus n'ont rien de géant en regard de celles qui participent à l'édification des tissus similaires chez les plantes

actuelles. Tout au plus pouvons-nous dire que les Sigillaires se sont trouvées dans les conditions optimales pour exprimer dans leur phénotype les caractères inscrits dans leur génotype.

2. *Sur la genèse des houilles.* Il est admis aujourd'hui que la houille résulte de l'accumulation au fond des lagunes ou de lacs des débris végétaux : spores, feuilles, branches et tiges... Étudiant au microscope les restes de l'attaque de houilles par le mélange oxydant « chlorate de potassium-acide nitrique pur »², nous avons pu, à notre tour, constater que les houilles étaient un complexe de :

— débris végétaux sous la forme de cuticules de spores, cuticules de feuilles, fragments de tissus ligneux et de tissus scléreux... Les pourcentages de chacun d'eux variant avec la houille

— d'une substance brune, brillante, d'aspect amorphe, plus ou moins importante, et qui forme une sorte de ciment (le vitrain du Professeur A. Duparque).

De telles observations n'ont certes rien de nouveau. Mais à la question de savoir quelle est l'origine du ciment, nous pouvons répondre qu'il provient de la transformation des tissus parenchymateux (et notamment de leurs protoplasmes) des plantes de la forêt houillère. En effet, la connaissance de la structure interne des tiges des Sigillaires et des Lépidodendrons nous montre la très grande abondance des parenchymes : moëlle et surtout écorce, par suite de la masse protoplasmique. Les tissus ligneux et scléreux sont beaucoup moins importants. La cellulose des parois cellulaires et les protoplasmes, à base de matières carbonées, sous les effets de processus particuliers relevant de la fossilisation dans l'eau, ont évolué en donnant naissance au vitrain ou du moins à une grande partie de celui-ci.

2. Ces attaques ont été réalisées au laboratoire de Drocourt des Houillères du bassin du Nord et du Pas-de-Calais sous la direction de M. J. Danzé.

Ouvrages cités.

- BRONGNIART A. (1939). — Observations sur la structure intérieure du *Sigillaria elegans* comparée à celle des Lépidodendrons et *Stigmaria* et à celle des Végétaux vivants. *Arch. Mus.*, t. I.
- LEMOIGNE Y. (1957). — Étude de la structure interne de la tige chez *Sigillaria bretoni* (P. G.) P. C. *Ann. Sc. nat., Bot.*, 11^e sér., p. 71-89.
- (1958). — Premières observations sur la tige de *Sigillaria mamillaris* (BRONGN.) ZEILLER, con-

servée en structure. *Bull. Soc. bot. Nord France*, t. XI, n° 1, p. 11-24.

MATHIEU G. (1952). — Réflexions sur le milieu biologique terrestre permo-carbonifère. *C. R. 3^e Congr. Stratigr. et Géol. Carbonifère*, Heerlen, t. I, p. 443-452.

RENAULT B. (1896). — Flore fossile du bassin houiller et permien d'Autun et d'Épinac. *Et. Gîtes minéraux France*.

Caractères généraux des tonsteins du bassin stéphanien de Lons-le-Saunier (Jura)

Note préliminaire

par Georges LIENHARDT *.

Sommaire. — L'étude des différents tonsteins relevés dans le Stéphanien de Lons-le-Saunier montre que ces niveaux ont des caractères constants sur des distances quelquefois importantes, notamment les diagrammes de diffraction aux rayons X sont souvent typiques d'un tonstein. La kaolinite est pratiquement le seul minéral argileux présent. Dans le cas des tonsteins de Lons-le-Saunier, il faut chercher leur origine surtout dans l'héritage de la couverture pédologique du continent.

La recherche et l'étude des excellents repères que sont en général les tonsteins m'ont amené, dans le cadre de mes travaux sur le bassin stéphanien de Lons-le-Saunier (Jura), à préciser différents points :

1. KAOLINITE ET LEVERRIÉRITE. — Classiquement, le tonstein est caractérisé par la présence de « leverriélite », mais, comme le soulignait récemment M. J. Scheere, « il semble qu'il s'est créé une certaine confusion dans l'emploi du terme « leverriélite ». Ce dernier s'est appliqué après Termier, plus souvent à une forme vermiculaire qu'à la constitution minéralogique ». Or, il est un fait qui apparaît nettement : les définitions proposées par différents auteurs sont basées sur l'étude d'échantillons de provenances diverses dans un même bassin, voire dans des bassins différents. C'est ainsi que, pour P. Termier, il s'agit d'une espèce minérale appartenant au groupe des phyllites, à formule de mica (bassin de Saint-Étienne) ; Ross et Kerr, après une étude aux rayons X, y voient de la kaolinite (bassin de Saint-Étienne) ; J. de Lapparent en fait un édifice épitaxique formé par l'association de lamelles de kaolinite et de muscovite régulièrement orientées les unes par rapport aux autres (île de Samos, bassin de Saint-Étienne, bassin de la Sarre). Pour M. Schuller, les cristaux vermiculés seraient

« le premier minéral bien différencié du groupe de l'illite » (bassin de Saint-Étienne). Ce même auteur décrit des assemblages qui se composent de kaolinite ou de kaolinite avec lamelles de cette illite dans les tonsteins de Dobrilugk. Plus récemment, M. Scheere, dans l'étude des tonsteins du Houiller belge, constate que « le minéral d'argile prédominant est la kaolinite ». De même, MM. Kulbicki et Vetter ont réalisé avec des vermicules séparés à la pince « des diagrammes de rayons X qui sont typiquement ceux de la kaolinite » (bassins houillers de la bordure occidentale du Massif central).

L'étude en plaques minces des niveaux trouvés à Lons-le-Saunier montre, pour les agrégats de minéral argileux, un aspect vermiculé ou feuilleté qu'il m'avait paru normal d'appeler « leverriélite » (fig. 1). Pour préciser cette détermination, le laboratoire de minéralogie du B. R. G. M.¹ a établi des diagrammes de diffraction aux rayons X sur chaque échantillon. Il en ressort, entre autres, les deux points suivants :

* Note présentée à la séance du 2 mai 1960. Bureau de recherches géologiques et minières (B. R. G. M.). L'auteur remercie la direction des Charbonnages de France et celle des Houillères du bassin de Blanzay de l'avoir autorisé à publier ces documents.

1. Je remercie en particulier M. Lévy pour son aide amicale ainsi que M. Nicolas.

a) Les pics caractéristiques des minéraux micacés sont rares, toujours de très faible intensité ; leur origine n'est peut-être due qu'à des parcelles de micas détritiques ;

b) Les pics bien représentés de minéral argileux sont ceux de la kaolinite (voir fig. 2).

Le constituant minéralogique des éléments examinés est donc de la kaolinite. Il n'y a pas

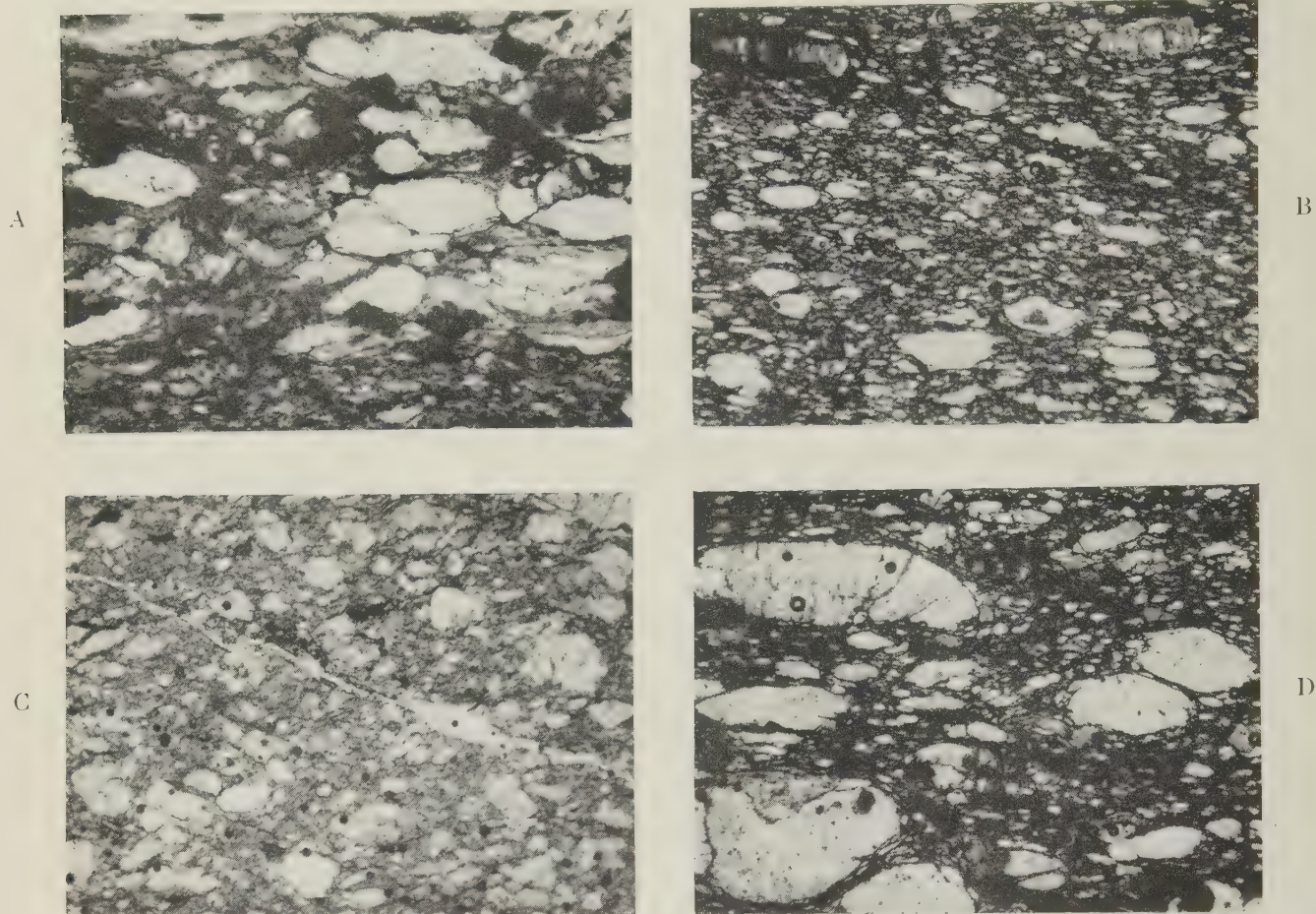


FIG. 1. — Tonsteins.

A et B : Tonstein Benoît (A : forage de Bornay ; B : forage de Lons 1). — C et D : Tonstein Émile (C : forage de Courbouzon ; D : forage de Perrigny 2).

lieu de maintenir, tout au moins pour Lons-le-Saunier, le terme de « leverrière », si ce n'est pour désigner un faciès particulier.

2. CARACTÈRES PRINCIPAUX. — La reconnaissance d'un même tonstein est facilitée par plusieurs caractères que l'on retrouve constants sur des distances quelquefois assez grandes (ici plus de 8 km).

En plaques minces, la forme des agrégats de la kaolinite est pratiquement toujours spécifique.

Les différents diagrammes de diffractométrie aux rayons X (fig. 2 et 3) obtenus systématiquement sur les échantillons différents d'un même tonstein sont d'une similitude frappante.

Par contre, l'aspect macroscopique peut varier ; la couleur en particulier dépend, semble-t-il, de l'abondance relative des matières organiques. Inversement, la composition chimique reste remarquablement comparable d'un niveau à l'autre et même d'un bassin à l'autre (tabl. 1).

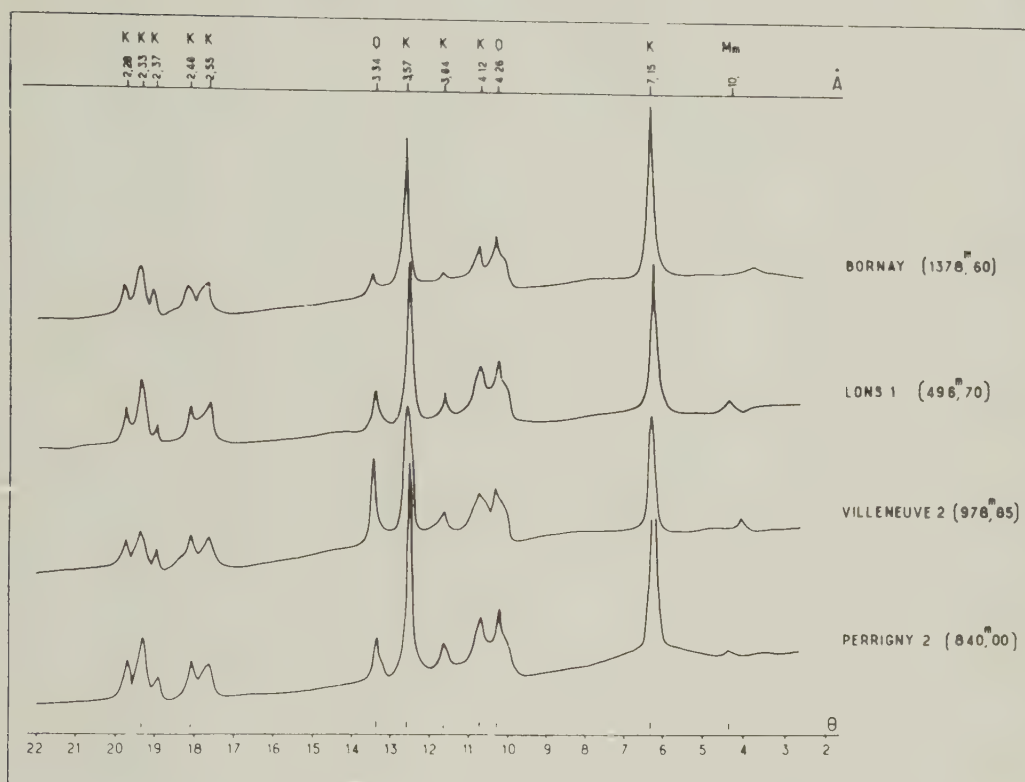


FIG. 2. — Tonstein Benoît, diagrammes de diffractométrie aux rayons X.

K : kaolinite ; Q : quartz ; Mm : minéraux micacés.

	I	II	III	IV
SiO ₂	47,00	49,58	46,08	60,00
Al ₂ O ₃	31,30	31,43	32,43	27,56
Fe ₂ O ₃	2,36	2,00	3,05	0,44
CaO.....	0,72	0,18	1,62	
MgO.....	0,77	0,34	0,71	0,14
Na ₂ O.....	0,39	0,18		0,60
K ₂ O.....	3,00	1,68	0,75	0,80
H ₂ O.....	1,46	4,34		
Perte au feu.....	13,54	10,32	16,08	11,00

TABL. 1. — Analyses chimiques de différents tonsteins.

I : tonstein François à Lons 1 (Jura)² ; II : t. Abel à Lons 2² ; III : veine Wahlschied de Göttelborn (Sarre) [Pruvost, 1934] ; IV : couche Renard-Grand-Hornu [Scheere, 1957].

2. Ces analyses ont été effectuées au laboratoire de chimie du B. R. G. M. Je remercie vivement M. Grillot et ses collaborateurs.

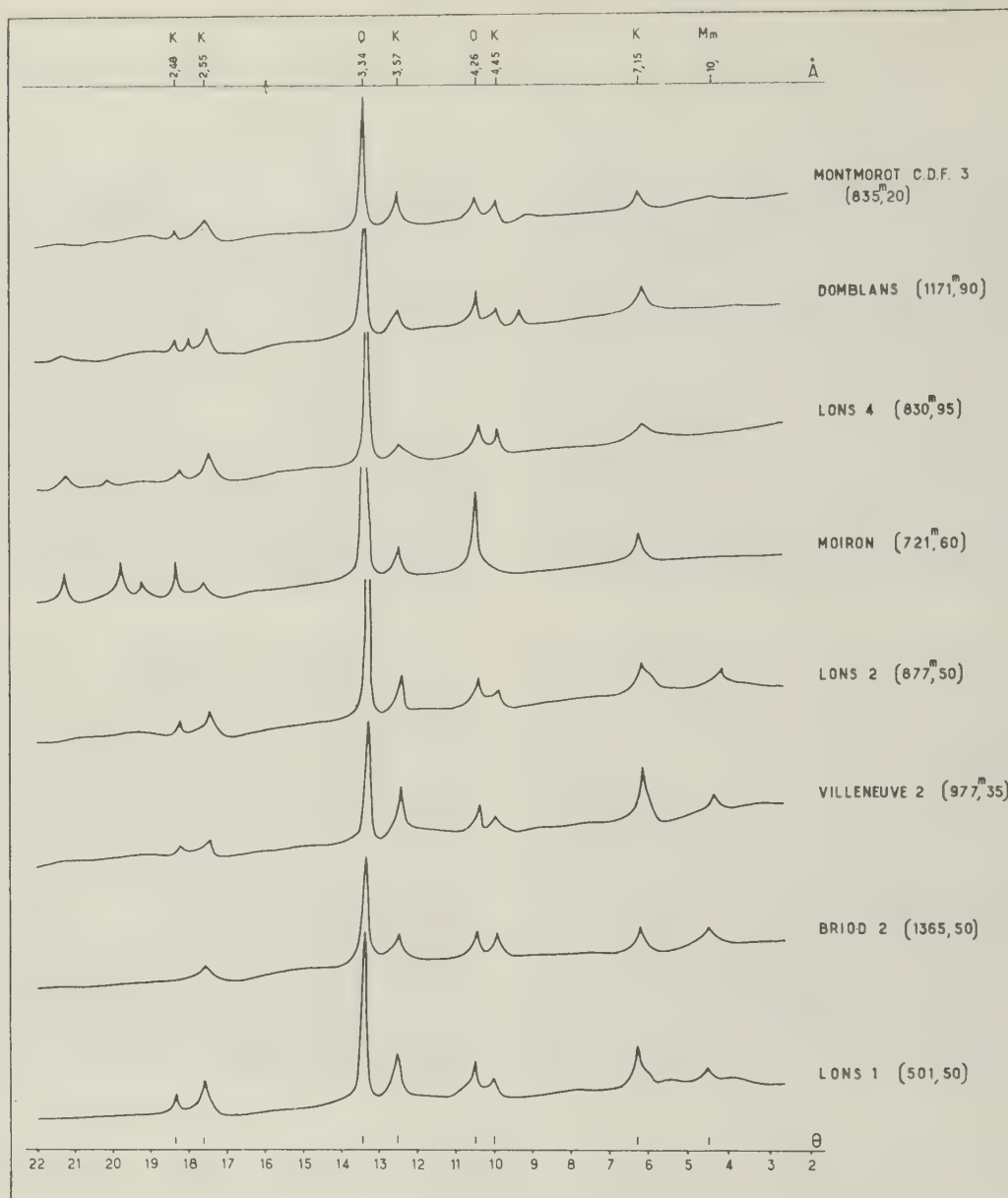


FIG. 3. — Tonstein Bernard, diagrammes de diffractométrie aux rayons X.

K : kaolinite ; Q : quartz ; Mm : minéraux micacés.

3. FORMATION DES TONSTEINS. — Les tonsteins de Lons-le-Saunier, comme ceux d'ailleurs reconnus dans les autres bassins, ont entre autres deux caractéristiques qui font leur particularité et dont l'existence est liée directement à leur formation :

— la très faible épaisseur du niveau en regard de sa grande extension horizontale,

— la présence de kaolinite.

a) *Le dépôt du tonstein.* Quoique faisant partie des roches stériles du Houiller, le tonstein en diffère fondamentalement par la façon d'être de son gîte. En effet, nous verrons dans une étude ultérieure que l'analyse cyclique détaillée des stampes gréseuses et schisteuses les montre comme étant en réalité la juxtaposition de len-

tilles de tailles variables, et qu'il y a discontinuité horizontale et verticale dans le dépôt. Le tonstein, bien au contraire, n'est pas le résultat d'«apports pulsés» mais semble être l'aboutissement homogène d'une sédimentation calme, en une couche uniformément répartie à épaisseur pratiquement constante. Il faut donc un régime très spécial dans le bassin de sédimentation qui correspond à un apport détritique extrêmement faible. Un équilibre mécanique est atteint entre les bassins d'érosion et de sédimentation.

b) *Le matériau argileux.* Les études modernes montrent que la formation des différents minéraux argileux exige des conditions de milieu assez précises. C'est ainsi que pour l'élaboration de la kaolinite, les auteurs s'accordent sur le fait qu'un milieu à pH légèrement acide est nécessaire. Il reste malgré tout deux hypothèses possibles quant au lieu même de cristallisation : la kaolinite des tonsteins de Lons est-elle de néoformation ou est-elle issue de l'érosion de sols (= héritage de la couverture pédologique du continent) ou encore provient-elle de ces deux mécanismes agissant simultanément ?

Nous avons vu plus haut que les conditions mécaniques de dépôt sont les mêmes dans toute l'aire de sédimentation ; de même l'absence d'érosion est provisoirement généralisée dans tout le bassin d'alimentation, un équilibre étant réalisé entre ces deux entités. Pour ce qui est des conditions de milieu nécessaires à la formation de la kaolinite (pH légèrement acide notamment), elles sont réunies dans le sol pédogénétique dont l'existence semble évidente sous a forêt houillère établie en terre ferme. Dans

l'aire de sédimentation par contre, l'abondance relative des faciès carbonatés semble être un excellent argument en faveur du lessivage d'une phase migratrice de la pédogenèse telle que la conçoit H. Erhart dans sa théorie bio-rhexistatique. Dans ces conditions, il semble préférable d'admettre à Lons-le-Saunier une origine de kaolinite surtout par héritage. Celle-ci est généralement, comme nous l'avons vu plus haut, finement stratifiée, ce qui dénote un transport et un dépôt en eau très calme.

Cette hypothèse rejoint en partie celle qu'avait formulée M. Pruvost en 1934, mais il semble que la «récolte» de la kaolinite n'est pas due à une immersion d'arène granitique par relèvement du niveau de base. Nous avons vu au contraire qu'un tel dépôt ne se faisait qu'en période calme d'équilibre. Néanmoins celui-ci n'est jamais absolument parfait et une légère érosion sévit entraînant les produits les plus légers, premiers éléments de la phase résiduelle de la biostase.

4. STRATIGRAPHIE. — Chaque tonstein reconnu a reçu un prénom masculin, dont la première lettre correspond à celle du faisceau dans lequel il se trouve ; le tableau suivant donne la position-repère de chacun de ces niveaux dans l'échelle stratigraphique du bassin de Lons.

		Tonsteins
Assise de Villeneuve.....	zone V	Abel
Assise de Lons :		
faisceau B	veine B 1	{ Benoît
faisceau E	veine E 1	{ Bernard
	veine E 2	{ Émile
Assise de Moiron	zone II	{ Ernest
		{ François

Bibliographie.

- BOUROZ A., CHALARD J. et DOLLÉ P. (1953). — Extension géographique et valeur stratigraphique des niveaux de tonstein du bassin houiller du Nord de la France. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. LXXIII, p. 98-144.
- DOLLÉ P. et SARROT-REYNAULD J. (1954). — Étude de quelques tonsteins du Nord de la France. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 286.
- ERHART H. (1956). — La genèse des sols en tant que phénomène géologique. Paris, Masson et Cie.
- MILLOT G. (1952). — Héritage et néoformation dans la sédimentation argileuse. *C. R. 19^e sess. Congr. géol. intern. Alger*, fasc. XVIII (Comité intern. Ét. argiles), p. 163-175.
- (1957). — Des cycles sédimentaires et de trois modes de sédimentation argileuse. *C. R. Ac. Sc.*, t. 244, p. 2536.
- PRUVOST P. (1934). — Bassin houiller de la Sarre et de la Lorraine. *Étude Gîtes minéraux France*.
- SCHEERE J. (1957). — La pétrologie des tonsteins du Houiller belge. A l'occasion de la présence d'un tonstein dans la couche 40 d'Eisden. *Bull. Soc. belge Géol., Pal., Hydrol.*, t. 66, p. 300-317.
- VETTER P. et KULBICKI G. (1955). — Étude des roches argileuses de quelques bassins houillers de la bordure occidentale du Massif central. *B. S. G. F.*, (6), V, p. 645-651.

Ramification d'une tige principale de *Lyginopteris oldhamia* BINNEY

par Christiane LOUVEL *.

Sommaire. — Parmi les plantes conservées en structure dans les coal-balls du Carbonifère inférieur et moyen de Grande-Bretagne et d'Allemagne, il faut citer les *Lyginopteridées*. Des coupes transversales sériées, dans ces nodules, ont permis de mettre en évidence le processus et le mode de ramification de tiges appartenant à l'espèce *Lyginopteris oldhamia* BINNEY.

Scott a schématisé et décrit, d'après les travaux de Miss Branchley, la série (2073... 2096) de coupes transversales d'une tige de *Lyginopteris* émettant un rameau axillaire et provenant des « Calceiferous Sandstone » (Tournaisien supérieur ou Viséen inférieur, c'est-à-dire Dinantien moyen) de Dulesgate. Au cours d'un voyage en Grande-Bretagne, j'ai eu l'occasion d'observer, en plus de ce matériel, d'autres échantillons appartenant à un horizon plus élevé puisqu'il s'agit des Coal-Measures (ou Westphalien), dans lesquels il y a également émission de rameaux axillaires à partir d'une tige principale. Ceci m'a permis d'apporter quelques précisions et modifications aux interprétations de Miss Branchley.

Avant d'aborder ce problème, il est nécessaire de rappeler brièvement la composition anatomique d'une coupe transversale pratiquée dans la région moyenne d'une tige principale, en l'absence de toute ramification (fig. 1). Au centre, il y a une moelle parenchymateuse, au sein de laquelle sont dispersées des cellules sécrétrices et des nids scléreux. A la périphérie de cette moelle s'ordonnent cinq groupes de faisceaux de bois primaire. L'ensemble est entouré par un manchon de bois et de liber secondaires. Au-delà du liber secondaire et dans le prolongement radial du bois primaire médullaire, le liber primaire est visible. En allant de plus en plus vers l'extérieur se rencontrent : un péricycle, une périderme, une écorce interne parenchymateuse contenant nids scléreux et cellules sécrétrices, une écorce externe ou dictyoxylon-cortex constituée de cordons de sclérénchyme anastomosés, entre lesquels s'intercalent des zones non sclérifiées et, enfin, un épiderme glanduleux. Dans le cortex, cinq

groupes de faisceaux libéro-ligneux se répartissent autour du bois secondaire.

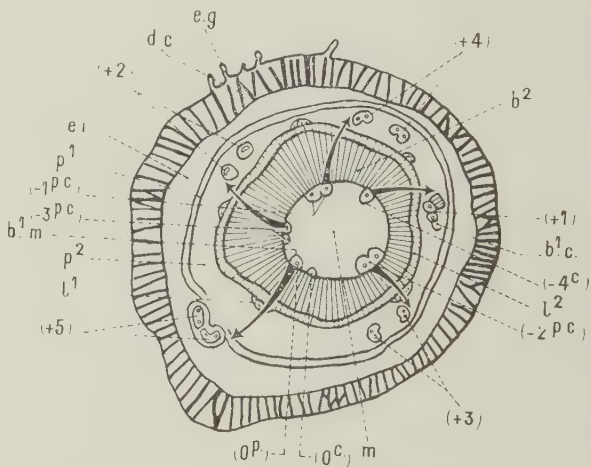


FIG. 1. — Coupe transversale schématisique d'une tige principale de *Lyginopteris oldhamia* BINNEY d'après les lames minces : R. 116, 49 et le schéma figuré par Scott [1923, 23, fig. 11]. $\times 1,5$.

Origine : Dulesgate. — Collection : Brit. Mus. (Nat. Hist.) Londres. e.g. : épiderme glanduleux ; d.c. : dictyoxylon-cortex ; e.i. : écorce interne ; p¹ : périderme ; p² : péricycle ; l¹ : liber primaire ; l² : liber secondaire ; b² : bois secondaire ; b¹.m. : bois primaire médullaire ; b¹.c. : bois primaire cortical ; m. : moelle.

Les chiffres entre parenthèses indiquent l'ordre dans lequel les faisceaux médullaires (—) et corticaux (+) quitteront tout d'abord la moelle puis ensuite le dictyoxylon cortex de la tige pour pénétrer dans leur pétiole respectif. (— 4^c) = faisceau médullaire caulinaire n° 4, il remplacera comme l'indique la flèche en trait plus épais le plus jeune des groupes corticaux, soit (+ 1). — (0^p) = faisceau médullaire pétioilaire n° 0, il remplacera le plus âgé des groupes corticaux, soit (+ 5). — (0^c) = faisceau médullaire caulinaire n° 0, il remplacera (0^p). — (— 2^p) = faisceaux médullaires pétioilaire et caulinaire coalescents.

* Note présentée à la séance du 2 mai 1960.

Pour faciliter l'étude du bois primaire, il est commode de désigner, à partir de 0, les groupes vasculaires médullaires par des chiffres négatifs et les groupes vasculaires corticaux par des chiffres positifs. Le groupe cortical indexé du chiffre le plus élevé (+ 5) sera le premier à quitter la tige afin d'innervier le pétiole correspondant. C'est celui qui est le plus éloigné du bois secondaire axial, généralement dépourvu de bois secondaire propre, dont la paire de faisceaux, orientés en V, possède le plus grand nombre de pointements de protoxylème avec lacunes parenchymateuses dans son métaxylème (quatre près du bord externe d'un faisceau). Les groupes (+ 4), (+ 3), (+ 2) se rapprochent successivement de l'anneau ligneux, le nombre des pointements de protoxylème dans chaque faisceau diminue [un seul en (+ 2), muni d'une lacune parenchymateuse unique]. Quant au groupe (+ 1), il ne s'est pas encore dédoublé et présente une épaisseur de bois secondaire assez importante. Jusqu'alors, le bois primaire médullaire n'a pas retenu particulièrement l'attention des auteurs, cependant, à l'exemple du système vasculaire cortical, son évolution peut être suivie. Il y a passage continu et progressif (fig. 2) du simple faisceau caulinaire (— 4^e), composé de métaxylème à l'intérieur duquel s'isole une petite lacune parenchymateuse excentrique, montrant parfois, au milieu de son bord externe, un pointement interne de protoxylème, au groupe (0) qui comporte deux faisceaux : un caulinaire (0^c) et un pétiole (0^p) nettement individualisés avec deux pointements de protoxylème. Les faisceaux pétiole, médullaire (0^p) et cortical (+ 5), sont situés dans un même plan vertical et issus du même faisceau caulinaire ; (0^p), au-dessus de (+ 5), suivra un parcours absolument identique à ce dernier. En faveur de cette interprétation deux arguments doivent être notés : tout d'abord la proximité de (0^p) par rapport à (+ 5) [(— 3^p) encore adhérent à son caulinaire (— 3^c) ne peut se substituer à (0^p) déjà séparé de (0^c)], ensuite lorsque (+ 5) franchit le dictyoxylon-cortex de la tige, (0^p) pénètre dans le bois secondaire et s'oriente dans la direction du rayon passant par le milieu du groupe (+ 5). Les faisceaux : (— 1^p), (— 2^p), (— 3^p), (— 4^p) (non encore divisé), vasculariseront respectivement les pétioles placés sur les mêmes verticales, au-dessus de (+ 4), (+ 3), (+ 2) et (+ 1). Comme l'avait supposé Scott, il y a corrélation parfaite entre les groupes médullaires et corticaux. L'évolution du bois primaire, dans une section horizontale de tige principale, permet de

déduire la disposition des frondes dans la partie de l'organe où se localise la coupe. Contournons la section transversale (fig. 1) en suivant les groupes corticaux selon leur ordre de sortie, à partir du plus âgé (+ 5), dans le sens dextre [c'est en effet le plus court chemin pour aller

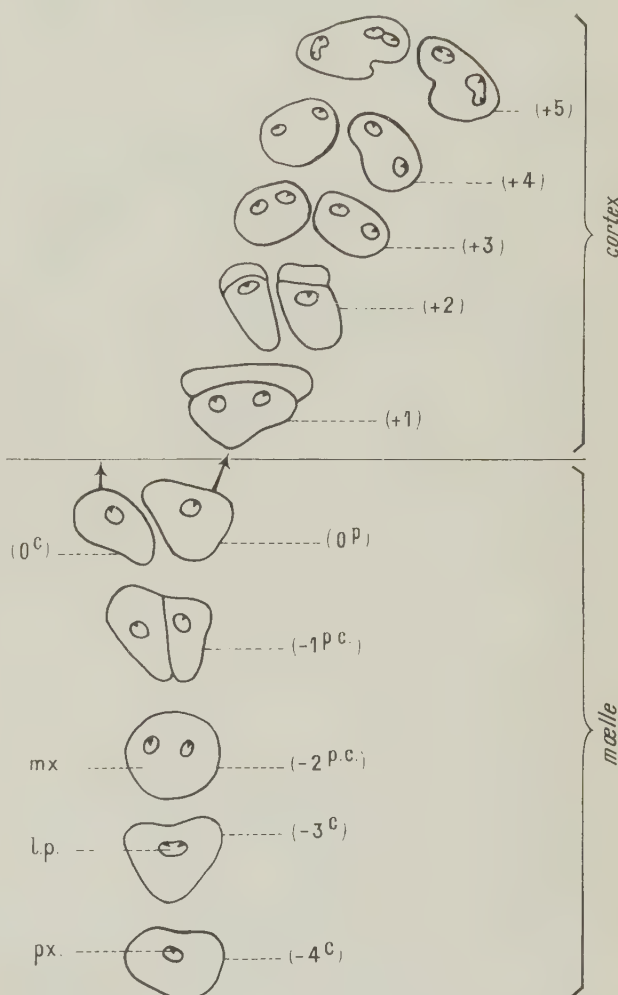


FIG. 2. — Évolution d'un faisceau de bois primaire dans la moelle et dans le cortex d'une tige principale. $\times 20$ env.

l. p. : lacune parenchymateuse ; mx. : métaxylème ; px. : protoxylème.

Même mode de numérotation des faisceaux que sur la fig. 1.

de (+ 5) à (+ 4)], jusqu'à ce que nous rencontrions celui qui figurera, à un niveau supérieur, dans le même plan vertical que lui, soit (0^p). Nous effectuons alors deux tours de circonférence et constatons qu'au moment où (0^p) gagnera son pétiole, cinq traces foliaires (+ 5),

(+ 4), (+ 3), (+ 2), auront quitté la tige. D'après la théorie de la spirale génératrice unique, l'angle de divergence formé par les plans de symétrie de deux frondes successives est exprimé par la fraction $2/5$ de circonférence = 144° . Une étude phyllotaxique basée sur la théorie des hélices foliaires multiples de Plantefol, beaucoup plus complexe, ne sera pas envisagée dans le cadre de cette note.

Lorsqu'une tige principale élabore les tissus constitutifs de la future tige axillaire, des changements anatomiques interviennent et affectent principalement le bois primaire. Sur la coupe transversale représentée fig. 3 A, Scott [1923, p. 39, fig. 20 I] a attribué un numéro d'ordre aux traces foliaires corticales, qui révélerait une phyllotaxie de $1/5$ au lieu de $2/5$ dans une tige principale se préparant à émettre

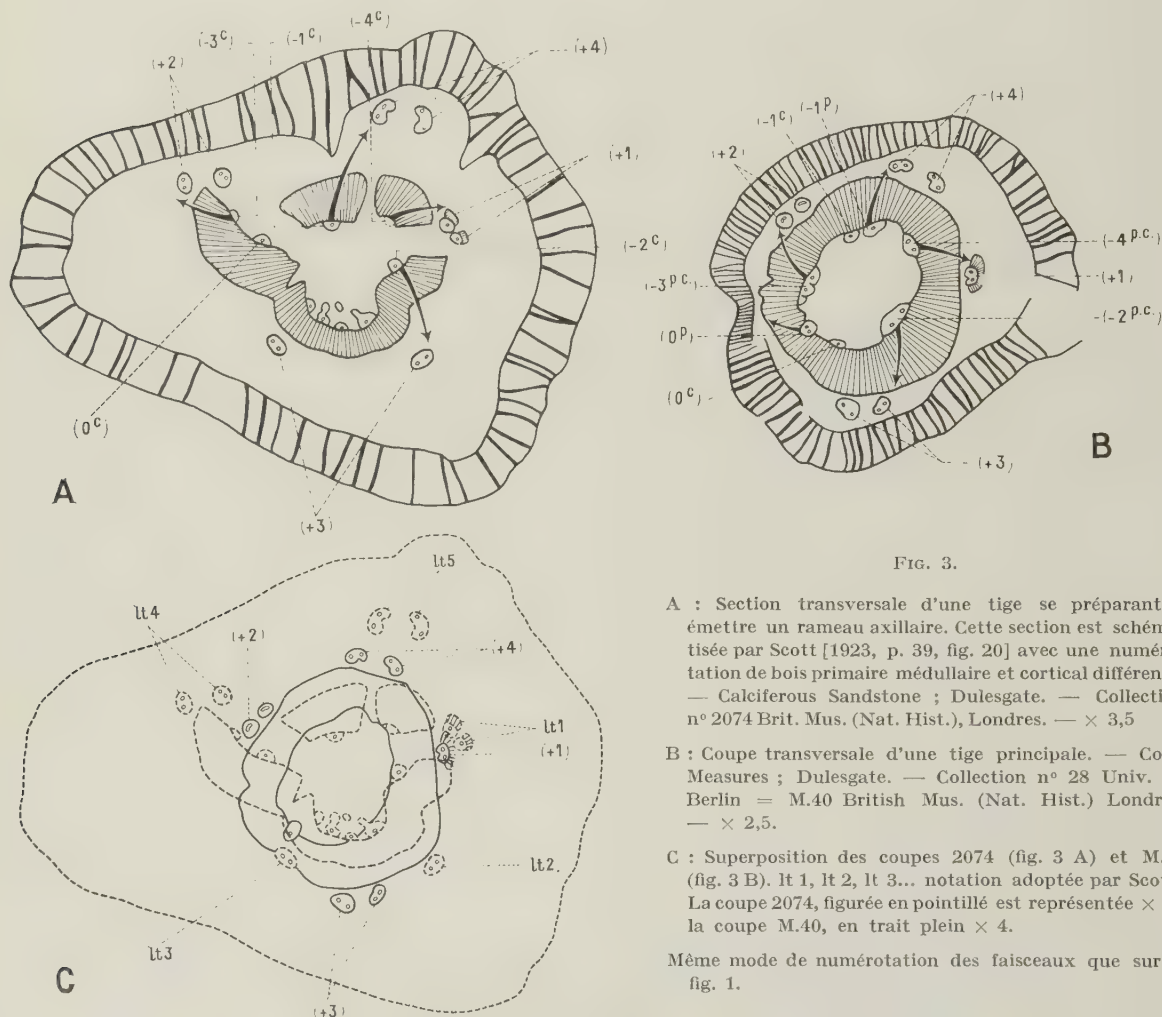


FIG. 3.

A : Section transversale d'une tige se préparant à émettre un rameau axillaire. Cette section est schématisée par Scott [1923, p. 39, fig. 20] avec une numérotation de bois primaire médullaire et cortical différente. — Calceiferous Sandstone ; Dulesgate. — Collection n° 2074 Brit. Mus. (Nat. Hist.), Londres. — $\times 3,5$

B : Coupe transversale d'une tige principale. — Coal-Measures ; Dulesgate. — Collection n° 28 Univ. de Berlin = M.40 British Mus. (Nat. Hist.) Londres. — $\times 2,5$.

C : Superposition des coupes 2074 (fig. 3 A) et M.40 (fig. 3 B). lt 1, lt 2, lt 3... notation adoptée par Scott. La coupe 2074, figurée en pointillé est représentée $\times 6$; la coupe M.40, en trait plein $\times 4$.

Même mode de numérotation des faisceaux que sur la fig. 1.

une ramification (voir Scott [1923, p. 37]). Cette numérotation ne me paraît pas vraisemblable. En effet comparons, en les superposant (fig. 3 C), les sections 2074 (fig. 3 A) et M. 40 = 28 (fig. 3 B) de diamètre égal¹ ; les groupes corticaux les plus jeunes : lt 1 et (+ 1), tous deux constitués d'une paire de faisceaux accolés (lt 1) ou à peine séparés (+ 1), avec une lacune paren-

chymateuse par élément et d'une épaisseur équivalente de bois secondaire, coïncident. Pareillement lt 5 et lt 4 se placent respectivement dans le champ de (+ 4) et (+ 2). Dans lt 5 et (+ 4), qui abandonneront les premiers leur

1. Afin de rendre le schéma plus intelligible les deux sections ont été figurées à un grossissement différent.

tige (lt 5 est déjà isolé latéralement de son pétiole), par le dictyoxylon-cortex en formation, les deux constituants d'une couple de faisceaux montrent le même écartement l'un par rapport à l'autre, la même configuration générale (avec un sinus médian interne), le même nombre de lacunes parenchymateuses (quatre). Les faisceaux de lt 4 et (+ 2) ont un contour arrondi et une structure presque identique [les lacunes parenchymateuses de (+ 2) sont en voie de division tandis qu'en lt 4 leur dédoublement a eu lieu]. La composition du groupe (+ 3) (deux faisceaux ovales munis chacun de deux lacunes parenchymateuses) s'assimile à celle des traces foliaires lt 2 et lt 3, au milieu desquelles il s'insère. En réalité elles sont l'analogue des deux faisceaux du groupe (+ 3) qui, par suite de l'avancée du bois secondaire d'une future ramification axillaire, dans le cortex de la tige principale, se seraient éloignés l'un de l'autre. D'ailleurs on ne voit pas sur quoi s'est appuyé Scott pour affirmer que :

— lt 2, ne comportant qu'un seul faisceau, est plus âgé que lt 1, déjà scindé en deux ;

— lt 2 est plus jeune que lt 3 alors que tous deux, également distants du bois secondaire, offrent absolument les mêmes caractères structuraux.

Il faut remarquer l'absence du cinquième groupe cortical dans les deux sections comparées, mais celui-ci devait exister, à un niveau inférieur, entre (+ 2) et (+ 3), sur la tige normale (comme l'atteste la moindre épaisseur du dictyoxylon-cortex à cet endroit) et entre lt 4 et lt 3, sur la tige prête à se ramifier. Ultérieurement le faisceau pétioleaire (0^p) traversera le bois secondaire, où il s'introduit légèrement dans les sections M. 40 et 209 (coupe effectuée un peu au-dessus de 2074), pour se placer dans le plan vertical contenant (+ 5). La correspondance des groupes corticaux est donc la suivante :

lt 1 = (+ 1)
lt 5 = (+ 4)
lt 4 = (+ 2)
lt 3 + lt 2 = (+ 3)
(+ 5) est absent [(0^p) va sortir de la moelle].

La trace foliaire voisine de lt 1 = (+ 1) n'est pas lt 2 mais (+ 3) et dans ce cas il n'y a nullement passage de la phyllotaxie 2/5 à 1/5 dans une tige se disposant à émettre un rameau axillaire. Le fait que le groupe cortical (+ 5) ne soit pas présent sur la coupe 2074 n'implique pas que l'angle de divergence compris entre (+ 2) et (+ 3) ait une valeur différente de 144° car

(0^p), qui sera sur la même verticale que (+ 5), existe. Le faisceau pétioleaire (0^p) sort de la moelle plus ou moins vite ce qui veut dire que la longueur des entre-nœuds n'est peut-être pas toujours constante mais ne signifie pas pour autant que la disposition des frondes le long de la tige, ou phyllotaxie, varie. D'autre part, dans l'hypothèse de Scott, la naissance d'une tige secondaire a lieu entre les deux traces foliaires lt 2 et lt 3, d'où le doute énoncé par cet auteur concernant ce mode de ramification : « it thus appears not to have been axillary for its position does not correspond to that of a leaf ». Cette objection n'est plus valable si l'on considère que le rameau se forme dans le plan de symétrie de la trace foliaire (+ 3).

Le départ d'une branche axillaire ne s'effectue pas obligatoirement dans l'axe du groupe (+ 3) puisque sur la lame H^a, par exemple, (+ 2) en est le siège. Il est probable que le phénomène devait se répéter à l'aisselle des autres groupes.

En dehors de l'écartement inhabituel des deux faisceaux du groupe (+ 3), des transformations anatomiques se produisent au sein de la moelle (voir coupe 2074, fig. 3 A et 2076).

Le bois primaire se dispose, comme dans une tige normale, selon cinq groupes : (0), (— 1), (— 2), (— 3), (— 4) mais en plus quelques faisceaux viennent s'insérer entre (0) et (— 2). Ces faisceaux supplémentaires s'accrochent sur l'arc semi-circulaire, résultant de l'évagination du bois secondaire (fig. 4 A). Leur nombre peut être estimé à cinq : un médian, bien individualisé, auquel nous assignerons le chiffre* (0^A) (il sera le premier à s'engager dans l'anneau ligneux de la tige axillaire), trois latéraux dont deux (voisins du médian) assez informes envoient une digitation en direction d'une cinquième petite masse ligneuse, située presque au centre de la future tige axillaire. Jusqu'à maintenant, aucune coupe n'a montré le stade initial, celui du bourgeon axillaire, où probablement quelques cellules médullaires se lignifient et se transforment en vaisseaux. Par la suite (fig. 4 B), le bois secondaire encercle complètement les faisceaux médullaires qui s'étalent latéralement et tendent à coloniser la région non encore vascularisée (voir également M. 56 a). Les faisceaux du groupe (+ 3) : (+ 3 α) et (+ 3 β) de la tige mère, pourvus de deux lacunes parenchymateuses, équidistants du bois secondaire et symétriques par rapport à (0^A), s'écartent de ce dernier pour occuper (fig. 4 C) une position diamétralement opposée. Peu à peu la tige axillaire (12 mm $\times$ 7 mm) se sépare de la tige

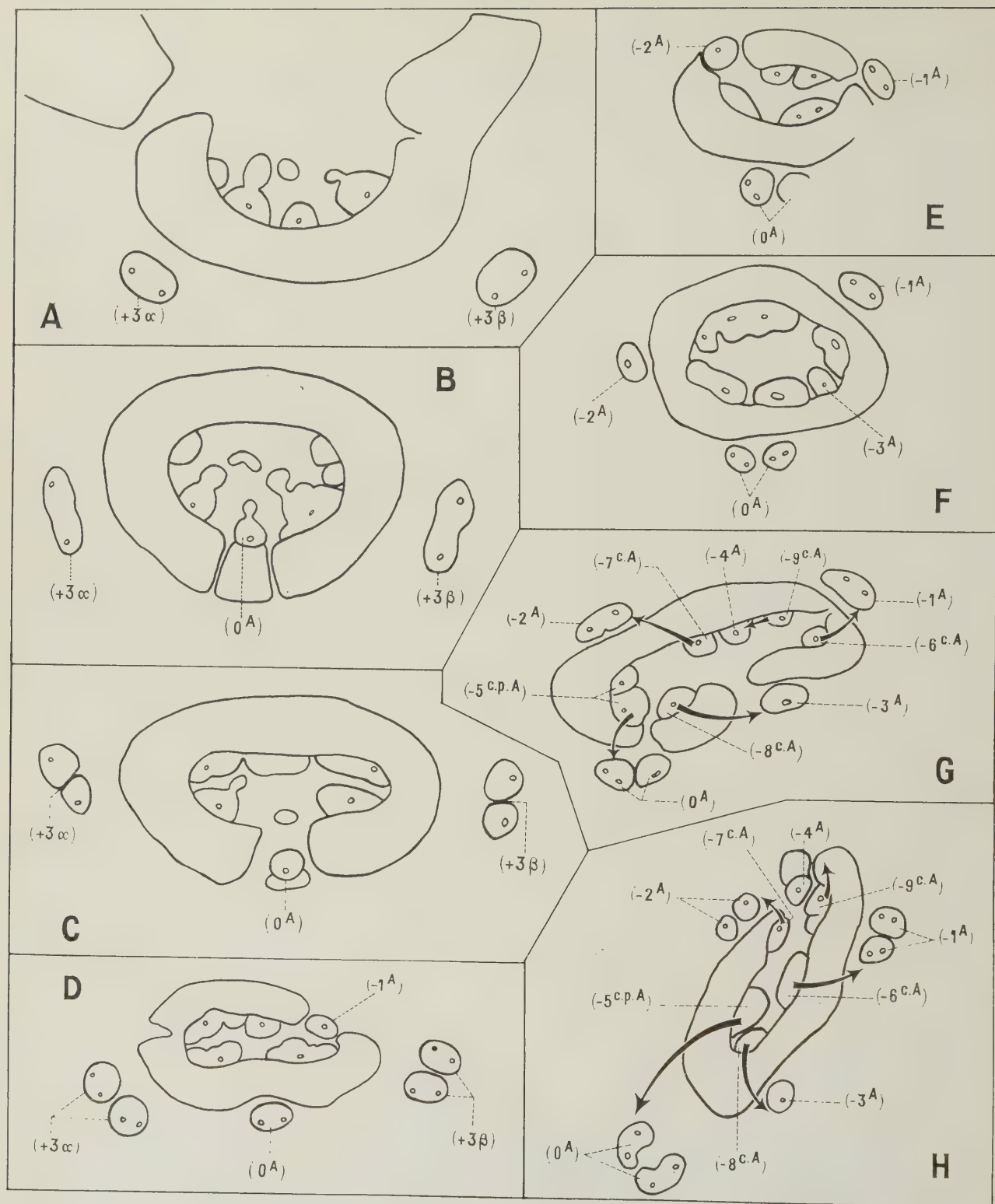


FIG. 4. — Évolution du bois primaire dans un rameau axillaire. $\times 15$.

A à E. Calcareous Sandstone, Dulesgate; collection : British Mus. (Nat. Hist.). A : lame n° 2074 ; B : lame n° 2078 ; C : lame n° 2084 ; D : lame n° 2091 ; E : lame n° 2094. — F : Dulesgate ; collection : lame n° R.19 Brit. Mus. (Nat. Hist.). — G : Halifax, Hard Bed ; collection : lame n° 189, Imperial College London. — H : lame n° H.15, Birbeck College London.

Le mode de numérotation des faisceaux est le même que celui de la fig. 1. La seule différence est qu'ici le faisceau le plus âgé est (0A) au lieu de (+5).

mère et à l'endroit de la scission le dictyoxylon-cortex manque ou se reconstitue ; le bois primaire se répartit autour de la moelle en détachant nettement deux faisceaux de chaque côté de (0^A) et trois autres adjacents sur l'autre moitié de la tige. Lorsque la tige axillaire ($9\text{ mm} \times 5\text{ mm}$) est complètement indépendante (fig. 4 D) un autre faisceau pétioleaire (-1^A) se dissocie de ses voisins, s'avance dans le bois secondaire, tandis que $(+3\alpha)$ et $(+3\beta)$ ainsi que la lacune parenchymateuse de (0^A) se dédoublent. Les ultimes vaisseaux centro-médullaires disparaissent. Les deux paires de faisceaux latéraux corticaux, dont les changements de structure sont simultanés, doivent abandonner ensemble, ou presque, la tige axillaire, pour entrer dans des pétioles opposés ou sub-opposés car sur la figure 4 E (4 mm de diamètre) tous deux font défaut. Cela rappellerait le phénomène observé sur le rachis principal d'une fronde de *Sphenopteris hoeninghausi* (feuillage de *Lyginopteris oldhamia*), où les pétioles sont sub-opposés alors qu'ils alternent sur les rachis d'ordre supérieur. A cette étape (fig. 4 E) le rameau comporte trois faisceaux corticaux : le plus ancien (0^A) s'est scindé en deux, les plus jeunes (-1^A) et (-2^A) sont encore impairs. Ils alternent avec trois groupes médullaires, ce qui suggérerait l'hypothèse que ces derniers représentent les caulinaires des corticaux. Les remplaçants de $(+3\alpha)$ et $(+3\beta)$ disparus seraient : (-1^A) et (-2^A), indiquant ainsi une phyllotaxie de $1/3$ à l'exemple de certaines tiges, de petite taille, mentionnées par Scott [1923, p. 34]. Il n'en est rien car :

1) En superposant les deux sections appartenant à la série de Scott : 2091 (fig. 4 D) et 2094 (fig. 4 E), les groupes $(+3\alpha)$ et $(+3\beta)$ se disposent sur deux rayons qui ne passent ni par (-1^A) ni par (-2^A).

2) La coupe R. 19 (fig. 4 F) a un diamètre ($4\text{ mm} \times 5\text{ mm}$), une épaisseur de bois secondaire et un nombre de faisceaux corticaux, identiques à ceux de 2094 (fig. 4 E). A nouveau si nous les superposons, nous constatons que les faisceaux (-2^A), (-1^A) et (0^A) des deux figures coïncident parfaitement, ce qui autorise à penser que R. 19 est l'image d'une section qui serait effectuée un peu au-dessus de 2094. Les espaces médullaires compris entre

(-1^A) — (-2^A) et (0^A) — (-1^A) sont occupés par trois faisceaux coalescents (une triple indentation et trois lacunes parenchymateuses discernables) ou disjoints. Dans le cas où il y a disjonction, le faisceau central (-3^A) s'avance dans le bois secondaire et ne peut rem-

placer (-1^A) ou (0^A) puisque ceux-ci se trouvent séparés de lui par un faisceau intercalaire. Un quatrième faisceau (-3^A) se logera donc dans le cortex, à mi-chemin de $(+3\beta)$ et (0^A), d'où la théorie, admettant une phyllotaxie de $1/3$ sur une tige axillaire, s'avère insoutenable. De même (fig. 4 G) la coupe 189 ($7\text{ mm} \times 3,5\text{ mm}$) représente l'allure que prend R. 19 à un niveau supérieur. Malgré les déformations subies au cours de la fossilisation, les groupes corticaux s'ordonnent de la même façon que précédemment : (-1^A) et (-2^A) possèdent maintenant deux lacunes parenchymateuses, (-3^A) a franchi la zone ligneuse secondaire. Les trois faisceaux de la masse ligneuse médullaire intercalée entre (-1^A) et (-2^A), se désunissent et celui dont la position est intermédiaire va prochainement s'éloigner de la moelle pour constituer un cinquième groupe cortical (-4^A). Cet aspect est réalisé sur la coupe H. 15 (fig. 4 H) (diamètre : $6\text{ mm} \times 3\text{ mm}$), pratiquée très certainement dans la région moyenne d'une tige axillaire, d'après la course du bois primaire décrite jusqu'alors. A présent, nous pouvons indiquer dans quel ordre les cinq groupes médullaires remplaceront les cinq groupes corticaux. Le numéro ($-5^{p.c.A}$) est le seul à avoir déjà dédoublé sa lacune parenchymateuse, indice d'une bipartition future en faisceau pétioleaire et faisceau caulinaire. Le faisceau pétioleaire ($-5^{p.A}$), proche de (0^A), innervera le pétiole situé directement au-dessus de celui-ci, établissant par conséquent, comme dans une tige normale, une phyllotaxie égale à $2/5$.

Plusieurs tiges manifestent des ressemblances frappantes avec celle de la section 189 (fig. 4 G), à l'exception de leur diamètre, nettement supérieur : $15\text{ mm} \times 8\text{ mm}$. Par exemple 58 lx II a un dictyoxylon-cortex jeune et peu épais ($0,75\text{ mm}$) sur la moitié de la tige en vis-à-vis avec le groupe cortical le plus âgé, tandis que l'autre est plus épaisse ($1,25\text{ mm}$) et davantage sclérifiée, évoquant les tiges axillaires de la série de Scott, où un phénomène analogue a été mis en évidence. Il s'agit probablement d'une tige axillaire insérée à la base d'une tige principale, similaire à celle qui a fait l'objet du paragraphe précédent, ou bien de la ramification d'un spécimen de forte dimension.

En définitive, une tige de *Lyginopteris oldhamia* émet un rameau axillaire à l'emplacement où normalement est issu un pétiole (fig. 5). Des transformations anatomiques se produisent à l'intérieur de la tige principale mais la phyllotaxie demeure de $2/5$. La paire de faisceaux vasculaires, qui aurait dû se rendre dans le

pétiole de la tigé-mère va, en se dédoublant, innervier les deux premières frondes opposées ou sub-opposées de la tige axillaire. Cette dernière organise peu à peu son système vasculaire primaire, provenant à l'origine de la tige prin-

cipale, en montrant, tout à fait à la base, une coalescence des faisceaux médullaires et une longueur relativement grande des entre-nœuds (il n'y a en effet que trois traces foliaires dans le cortex) qui rend difficile la détermination de la

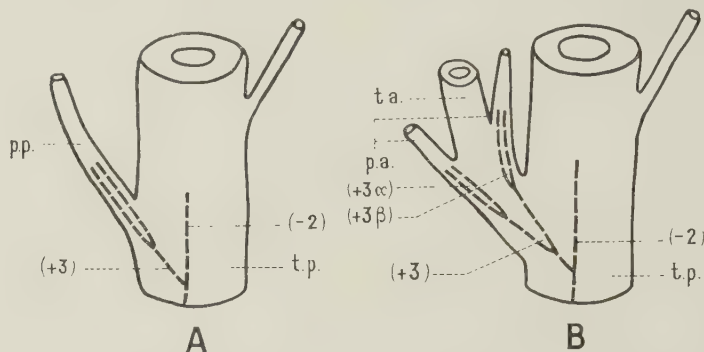


FIG. 5. — Course du bois primaire (+ 3) dans une tige normale (fig. 5 A) et dans une tige émettant un rameau axillaire (fig. 5 B).

t. p. : tige principale ; t. a. : tige axillaire ; p. p. : pétiole de la tige principale ; p. a. : pétiole de la tige axillaire.

phyllotaxie, en utilisant comme seul critère la structure anatomique. Cependant, il est logique, d'après la position et l'évolution du bois primaire, de penser que les pétioles se distribuent également selon une phyllotaxie de 2/5 sur la

tige axillaire. Quelle est la fréquence de ces ramifications ? Se disposent-elles sous le même angle de divergence que les pétioles sur la tige principale ? Jusqu'à maintenant le matériel étudié ne permet pas de répondre à ces questions.

Bibliographie.

BRECHLEY W. E. (1913). — On branching specimens of *Lyginodendron oldhamium*. *Linnean Soc. Journ. Botany*, vol. XLI.

SCOTT H. D. (1923). — Studies in fossil botany, 3th ed., vol. II.

Une plante-guide du Stéphanién du bassin de Saint-Étienne : *Odontopteris pseudoschlotheimi* nov. sp.

par Jacques DE MAISTRE*.

PLANCHE XVIII.

Sommaire. — Description et affinités d'une espèce nouvelle d'*Odontopteris* (*Mixoneura*) caractéristique de l'assise d'Avaise (Stéphanién supérieur).

Odontopteris (*Mixoneura*) *pseudoschlotheimi* nov. sp.

Pl. XVIII et texte-fig. 1 et 2.

Espèce très polymorphe, caractérisée par les pennes de dernier ordre de la partie supérieure de la fronde qui répondent à la diagnose suivante :

Pennes linéaires ou très légèrement convergentes, allongées (rapport L/H voisin de 8).

Pinnules latérales, perpendiculaires au rachis ou légèrement décurrentes, contiguës, égales entre elles, courtes, trapues (rapport L/H voisin de 1), à sommet arrondi paraissant souvent surbaissé et comme tronqué. Elles se soudent très graduellement vers l'extrémité de la penne en donnant naissance à de longues pinnules terminales qui s'atténuent lentement et dont les bords, franchement lobés à la base, deviennent ensuite simplement ondulés, enfin droits avec un sommet arrondi ou en forme d'ogive très émousée (voir Pl. XVIII, fig. 1).

Nervation d'aspect raide, nette, fine et sail-lante à la face inférieure des pinnules, plus floue à la face supérieure où les nervures fortement déprimées donnent au limbe un aspect de tôle ondulée (cf. *A. grandini*).

Nervures, toutes de même ordre, partant directement du rachis, très décurrentes et peu serrées à la base, se redressant ensuite rapidement pour devenir presque perpendiculaires au rachis en se divisant sous un angle aigu de 1 à 4 fois (généralement 2 ou 3) (voir Pl. XVIII, fig. 2 et texte-fig. 1 A).

Nervules subparallèles au nombre de 20 à 30 par cm.

Rachis de dernier ordre, fibreux, flexueux, largeur 1 mm environ, fructifications inconnues.

DESCRIPTION. — Cette espèce est connue seulement par des fragments très nombreux mais rarement assez importants pour montrer plusieurs pennes attachées au rachis support. Dans le plus complet (Pl. XVIII, fig. 1) on voit les pennes de dernier ordre passer vers le haut à de grandes pinnules étroites, d'abord un peu lobées à la base et ensuite à bords entiers ou simplement ondulés. La même disposition se retrouve dans la fig 1 B du texte où nous avons tenté de reconstituer l'extrémité d'une fronde ou d'une penne primaire en nous basant sur des fragments ne se prêtant pas à une reproduction photographique.

En se rapprochant de la base de la fronde, les pennes deviennent moins linéaires. Les pinnules ont un sommet plus ogival, s'allongent et deviennent peu à peu neuropteridiennes (Pl. XVIII, fig. 3 et 4 et texte-fig. 1 C).

Elles finissent par atteindre une très grande taille (jusqu'à 10 cm), se lobent à leur tour et passent à des pennes analogues à celles de la partie supérieure de la fronde, mais beaucoup plus larges (jusqu'à 3 cm), avec des pinnules latérales plus allongées et des pinnules terminales parfois plus triangulaires (texte-fig. 2).

O. pseudoschlotheimi est donc en réalité un *Mixoneura* et, si la reconstitution proposée est exacte, serait au moins tripinné.

A cette espèce, il faut encore rattacher :

a) *Aulacopteris discerpta* GRAND'EURY [1877, p. 126] : grandes tiges cannelées et souvent lacérées qu'on trouve toujours associées en grand nombre aux autres débris d'*O. pseudoschlotheimi*.

* Note présentée à la séance du 2 mai 1960.

b) *Cyclopteris macilenta* GRAND'EURY [1877, p. 117] : grands *Cyclopteris* ayant la même nervation lâche et le même limbe délicat que les grandes pinnules de la partie inférieure de la fronde.

DISCUSSION. — Dans la Loire, cette espèce a été désignée par Grand'Eury sous le nom d'*O. schlotheimi* BRONGN. [Grand'Eury 1877,

p. 117]. Ces deux plantes ont effectivement des pinnules latérales très analogues mais *O. schlotheimi* BRONGN. (= *O. osmundoeformis* SCHLOTH.) diffère nettement d'*O. pseudoschlotheimi* par le fait que ses pennes de dernier ordre s'atténuent rapidement et se terminent par une pinnule très petite.

Par les mêmes caractères, on distingue aisément de notre espèce *O. genuina* GRAND'EURY

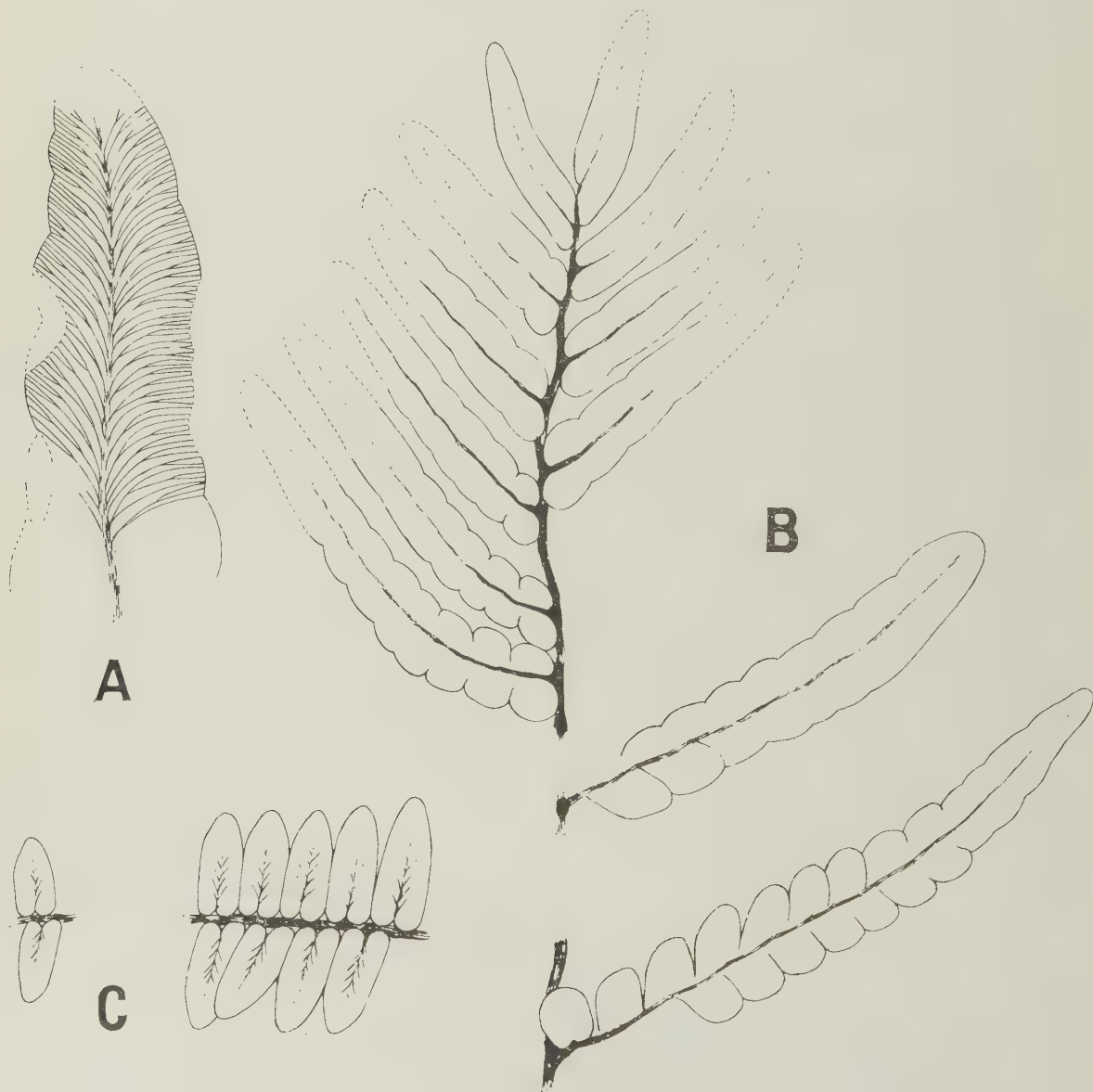


FIG. 1. — *O. pseudoschlotheimi* nov. sp.

A : Croquis montrant la nervation, $\times 1,5$. — B : Terminaison de fronde ou de penne primaire, essai de reconstitution d'après des fragments non figurés. — C : Pinnules neuroptéridiennes. Pinnules latérales près de la base de la fronde. $\times 1$.

in ZEILLER [1888, p. 219 ; 1906, p. 87], cette dernière plante ayant d'ailleurs une nervation et une forme de pinnule très différentes.

O. pseudoschlotheimi serait plus proche d'*O. duponti* ZEILLER mais cette dernière espèce a



FIG. 2. — *O. pseudoschlotheimi* nov. sp.

des pinnules latérales plus allongées, plus inclinées sur le rachis et une pinnule terminale plus courte et de forme rhomboïdale.

La plante qui se rapprocherait le plus d'*O. pseudoschlotheimi* serait *O. subcrenulata* (Rost) (= *O. lingulata* GOEPPERT) mais celle-ci a des

pinnules latérales plus allongées, à nervation plus serrée (40 à 55 nervules au cm) et qui ne tendent pas à se souder vers le sommet des pennes. De ce fait, à part un petit lobe existant parfois à sa base, la pinnule terminale d'*O. subcrenulata* n'est pas pinnatifide et garde de la base au sommet une largeur assez constante.

On n'a d'ailleurs jamais signalé que les pinnules d'*O. subcrenulata* aient une aussi grande variabilité de forme et que cette espèce ait des caractères mixoneuriens aussi étendus.

Grâce à son polymorphisme accentué, *O. pseudoschlotheimi* présente cependant, dans certaines parties de la fronde, des ressemblances avec certaines autres espèces ; c'est ainsi que des fragments de pennes, garnis de pinnules neuropteridiennes, peuvent être confondus avec *Mix. neuropteroides* GOEPPERT quand elles sont de petite taille tandis que les pinnules de grande dimension et les cyclopteris peuvent être pris pour des fragments de *Neuropteris cordata* BRONGN. dont ils ont le limbe mince et la nervation lâche.

Enfin ces pinnules terminales incomplètes d'*O. pseudoschlotheimi* peuvent être confondus avec *Toeniopteris jejuna* GRAND'EURY.

En fait, les risques d'erreurs sont minimes car ces formes ambiguës sont normalement noyées dans une masse de débris typiquement caractéristiques d'*O. pseudoschlotheimi*.

En résumé, on peut penser qu'*O. pseudoschlotheimi* peut être une variante d'*O. subcrenulata* mais, par ses caractères bien nets, il ne peut être confondu avec aucune des formes habituelles de cette dernière espèce (sauf peut-être avec la forme *obtusiloba* NAUMANN sur laquelle nous n'avons aucun renseignement).

GISEMENT. — *O. pseudoschlotheimi* foisonne dans trois niveaux bien définis du Houiller de Saint-Étienne ; au toit des 13^e et 3^e Beaubrun ainsi qu'à une quarantaine de mètres au-dessus des Lites c'est-à-dire à la base, au milieu et au sommet de l'assise d'Avaise P. Pruvost.

Nous ne savons pas si cette espèce existe dans d'autres gisements où elle aurait alors été signalée sous les noms d'*O. schlotheimi* BRONGN. ou d'*O. lingulata* (GOEPPERT).

Liste bibliographique.

- GRAND'EURY C. (1877). — Flore carbonifère du département de la Loire. — (1890). — Bassin houiller et permien d'Autun et d'Épinac. Fasc. II, Flore fossile (1^{re} part.). *Et. Gîtes minéraux France*, 304 p., 27 pl.
- ZEILLER R. (1888). — Études sur le terrain houiller de Commentry. Livre 2^e : flore fossile, 1^{re} part. *Bull. Soc. Ind. minér.*, t. II, 3^e livr., p. 1-366, pl. I-XL. — (1906). — Bassin houiller et permien de Blanzay et du Creusot. Fasc. II : Flore fossile. *Ibid.*, 265 p., 51 pl.

LÉGENDE DE LA PLANCHE XVIII.

- FIG. 1. — Ensemble de pinnules terminales d'*O. pseudoschlotheimi*. On remarquera le passage progressif de la bordure lobée à la bordure ondulée puis rectiligne.
- FIG. 2. — Pinnule terminale montrant la nervation. $\times 2$.
- FIG. 3. — Pinnules de type *Mixoneura*. $\times 2$.
- FIG. 4. — Pinnules neuroptéridiennes. $\times 2$.

L'Épeirogénèse mésocarbonifère et ses conséquences

par Henri et Geneviève TERMIER*.

Sommaire. — Les phases sudète et erzgebirgienne correspondent à un soulèvement des aires continentales et orogéniques. Cette épeirogénèse s'est traduite par : continentalisation, érosion, sédimentation détritique, changements de climat. Les auteurs montrent que ces phénomènes sont causes de la modification des faunes et des flores qui prend place vers le Namurien moyen, justifiant la coupure entre Carbonifère inférieur et supérieur, puis de la succession d'événements qui se sont produits jusqu'à la phase saalienne.

Nous nous proposons d'exposer une partie des résultats, relatifs au Carbonifère, de nos recherches concernant les rapports entre les mouvements de la croûte terrestre, la paléogéographie, la paléoclimatologie et l'évolution organique.

Nos conclusions ne s'adressent pas à ce que nous appellerons la partie administrative de la géologie. Peu importe au chercheur le nom donné à une entité stratigraphique pourvu que le contenu de celle-ci soit défini et que ses limites soient précisées. Les questions posées dans les congrès sur les coupures à adopter et sur les valeurs à attribuer à ces coupures n'ont d'importance que pour la systématique, encore plus artificielle en stratigraphie qu'en paléontologie. Les notations adoptées par les Services géologiques, indépendamment les uns des autres voilà plus de 100 ans, ne peuvent qu'avoir été arbitraires et, au mieux, ne s'adapter aujourd'hui qu'aux séries propres à chacun des pays. Mais il est difficile pour les administrateurs de renoncer aux séries traditionnelles et d'adopter des vues reconnues plus exactes dans l'ensemble du monde mais localement moins adaptées.

Au contraire, le point de vue du chercheur est celui de la vérité la plus universelle. Celle-ci n'apparaît que peu à peu, au fur et à mesure des découvertes et des confrontations. Tout doit donc périodiquement être remis en question. Si l'on veut *comprendre* et reconstituer les faits qui se sont produits à une époque donnée, il ne peut être question de rester dans un *statu quo* stérilisant. L'effort pour établir des corrélations entre régions plus ou moins éloignées finit par aboutir à des résultats appréciables.

A ce point de vue, le Carbonifère est un ter-

rain d'études d'autant plus intéressant qu'il a fait l'objet de travaux miniers dotés de crédits importants. On le connaît donc mieux dans la plupart des régions que les systèmes dits « stériles ». Nous avons restreint la présente enquête aux terrains houillers auxquels on réserve le nom de Carbonifère supérieur ou de Pennsylvanien *lato sensu*.

QUELQUES MOTS SUR LES CONDITIONS GÉNÉRALES AU CARBONIFÈRE INFÉRIEUR. — Le Carbonifère inférieur a fait suite à une crise qu'il ne faut pas minimiser. Les orogénèses du Dévonien supérieur : bretonne en Europe, acadienne dans les Appalaches, par exemple, se sont accompagnées d'un recul temporaire des mers et d'un climat nuancé comprenant des glaciers sur les montagnes des Baléares et même des glaces flottantes sur la côte orientale de l'Amérique du Nord. Les mers sont demeurées en retrait pendant le Strunien et le Tournaisien. Il s'en est suivi des modifications pour les faunes marines, en particulier des disparitions importantes (la majeure partie des Goniatites et toutes les Clyménies, la plupart des Tétracoralliaires et presque tous les Trilobites). Cependant, dans les mers tournaisiennes et viséennes, les Goniatites prenaient rapidement un nouvel essor et les Tétracoralliaires aboutissaient peu à peu à de nouvelles formes constructrices.

Quant aux faunes et aux flores continentales, il faut bien remarquer que les types qui se sont développés au Carbonifère inférieur étaient

* Note présentée à la séance du 2 mai 1960.

apparus au Dévonien supérieur (Stégocéphales, Lycopodiniées par exemple). A ce point de vue, le Carbonifère inférieur n'est que la suite du Dévonien supérieur : le continent nord-atlantique, né au Dévonien, demeure d'ailleurs un des traits importants du Carbonifère.

Le Carbonifère inférieur se présente donc, biologiquement, comme une transition entre le Dévonien supérieur et le Houiller. C'est l'abondance universelle de la houille dans le seul Carbonifère supérieur qui a donné son nom à l'ensemble du système. En toute rigueur, ce qu'on nomme Dinantien ou Mississipien ne méritait pas plus qu'une autre époque le nom de Carbonifère.

Nous allons voir comment, à partir de ces conditions relativement peu différenciées, la surface terrestre a subi les modifications spectaculaires qui font du Carbonifère supérieur une époque bien particulière.

POSITION STRATIGRAPHIQUE DU NAMURIEN. — Le *Namurien inférieur*, par lequel nous entendons l'ensemble des zones à *Eumorphoceras* et *Homoceras* (Namurien A), appartient, dans le monde entier, au Carbonifère inférieur, par le cachet de ses faunes marines ainsi que des flores et faunes continentales. En Amérique du Nord, la zone à *Millerella* constitue le Chesterien, inclus dans le Mississipien. En U. R. S. S., le Namurien est placé au sommet du Carbonifère inférieur. Il est symptomatique que les géologues des deux grands pays où la série carbonifère, aussi bien marine que continentale, est complète, aient la même façon de répartir le Namurien. En Tchécoslovaquie, dans le district charbonnier d'Ostrava-Karvina, la coupure lithologique et faunique est au niveau du Namurien B. Il en est de même dans le bassin franco-belge, en Allemagne, et même en Grande-Bretagne où la zone E à *Eumorphoceras* compose le Bollandien avec celle à *Posidonia becheri* (Viséen supérieur). Au Sahara, le Namurien inférieur (et moyen) fait si bien partie du Carbonifère inférieur qu'il constitue avec le Viséen supérieur la série à *Gigantoproductus giganteus*. Enfin, en Australie dans le Queensland, le Namurien se place encore dans le Carbonifère inférieur.

Examinons les circonstances qui ont présidé à cette coupure remarquablement universelle.

Ce qui vient à l'esprit en premier lieu, c'est l'existence d'une grande phase orogénique, la *phase sudète*, à la limite du Viséen et du Namurien, que complète parfois la *phase erzgebirgienne*, au sein même du Namurien. Or, la phase sudète correspond aussi dans la chaîne varisque à un phénomène très important : la

limite entre deux types de déformations tectoniques, c'est-à-dire le passage entre deux états des matériaux mis en œuvre. Avant elle, la tectonique varisque était encore souple, du genre « nappes d'écoulement », correspondant au type *alpin* des allemands. C'est alors que se sont mis en place les principaux massifs de granite de la chaîne varisque. Après elle, il ne s'est plus agi que d'une tectonique cassante de style *saxon* ou *germanotype*, l'aire varisque était alors devenue complètement indurée.

Le comportement des régions s'est d'ailleurs trouvé différent suivant leur degré antérieur d'induration : attenants à l'avant-pays cratonique, l'Ardenne, le massif schisteux rhénan, le Harz, les monts Sudètes (localité éponyme de cette phase) ont été instables mais ont surtout été soulevés et relativement peu déformés. L'exhaussement de l'Ardenne a débuté localement à la fin du Viséen : par exemple, il a été possible de mettre en évidence des poches de dissolution [Calembert et Van Leekwyck, 1941], somme toute un véritable karst, dans le calcaire viséen moyen (V 3 b) de Belgique (région de Samson dans la province de Namur). L'émergence, puis l'érosion a eu lieu pendant le Viséen supérieur (V 3 c) et le Namurien (Nm 1 a et Nm 1 b inférieur), c'est-à-dire pendant la durée du dépôt des couches de passage du Viséen au Namurien [Demanet, 1938]. Des schistes marins du Namurien inférieur (Nm 1 b supérieur) se sont déposés ensuite, à l'intérieur même des poches de dissolution. La partie supérieure du Namurien A correspond d'ailleurs à une transgression importante dans le Brabant. Dans le bassin houiller du Nord de la France, une émergence assez importante coupe en deux la zone à *Homoceras* [Chalard, 1960]. Manifeste, voire essentielle en Cornwall, en Bretagne, en Vendée, dans le Massif central, la Montagne Noire et probablement dans les Maures et l'Estérel, cette phase a produit là de véritables dislocations. Dans les Vosges, la Forêt Noire, la Saxe et la Bohême, la phase sudète est encore souple et la phase erzgebirgienne marque le début de la tectonique cassante. Ajoutons qu'une granitisation métallifère accompagne souvent cette tectonique.

L'importance de la phase sudète-erzgebirgienne et la manière de supporter ou de réagir des matériaux qui l'ont subie posent la question du comportement des avant-pays. En effet, les régions attenantes, nous l'avons vu, ont été soulevées, peu déformées : ce sont des caractères propres aux mouvements épieirogéniques.

Si l'on se penche sur l'histoire géologique des aires continentales, on s'aperçoit que celles-ci ont connu, à des intervalles qui paraissent irréguliers, des élévations d'ensemble, à grand rayon de courbure. Ces soulèvements ont entraîné un enchaînement de phénomènes : changement du niveau de base des cours d'eau — creusement et érosion — élaboration de sédiments détritiques — dépôt de ces sédiments dans des bassins intramontagneux ou paraliques. Si la reconstitution de telles épeirogénèses est relativement facile pour les temps les plus proches de l'époque actuelle, on ne peut en dire autant pour celles que l'on rencontre en remontant dans le passé, car les aplanissements étagés qui en sont les principales traces fossilisées ont été presque tous détruits ou englobés dans la surface anté-triasique.

Il faut remarquer toutefois que le Namurien est en nette régression par rapport au Viséen supérieur : la cause de ce recul marin semble bien être l'épeirogénèse envisagée. Ainsi, le Millstone Grit, sédiment détritique qui caractérise le Namurien anglais, est une formation deltaïque reposant sur des couches marines ; l'orientation du dépôt indique que le ou les fleuves qui lui donnèrent naissance venaient non pas de la chaîne varisque, située au Sud, mais des régions suédo-norvégiennes situées au Nord-Nord-Est. C'est donc que la Scandinavie dans son ensemble s'était soulevée au Namurien inférieur.

Quittons l'orogène varisque proprement dit pour inspecter ses annexes. En France, dans l'Ouest du département de l'Aude, une phase d'érosion locale affecte les lydiennes au Namurien moyen. En Yougoslavie, dans les Dinarides, entre le Viséen supérieur et les couches d'Auernig (Moscovien-couches à *Triticites* et à *Schwagerina*), le Namurien manque et une partie du pays devient continentale. Dans les Alpes, la phase sudète ne se montre pas très distincte, mais l'époque namurienne est importante en ce qu'elle marque le début du géosynclinal briançonnais, alors long fossé subsident qui se remplit de sédiments détritiques. Dans les Carpathes, la phase sudète (datée en Haute-Silésie), entre Dinantien et Namurien, représente la principale phase d'âge paléozoïque. En Corse, dans le massif ancien d'Ajaccio, le Dinantien marin à *Productus* est suivi par du Westphalien continental à Plantes ; le Namurien y est absent.

Au Maroc, dans l'orogène moghrabin [Termier, 1958, p. 734-735 et tabl. XL], la phase

sudète n'a pas causé de déformations, mais il se produit une régression dans la région de Djerrada. Le Namurien inférieur et moyen, comme ailleurs, est souvent en continuité de faciès avec le Viséen supérieur, par exemple dans le Maroc central (« flysch de Fourhal »). Mais la phase erzgebirgienne, qui coupe le Namurien, est une phase de basculement, sensible à Djerrada, dans le Maroc oriental, où elle est suivie par l'élaboration de grès arkosiques ; l'émersion se produit alors dans le Maroc central. Dans l'Anti-Atlas, le plissement général de la couverture est synchronisé approximativement avec la phase erzgebirgienne [Choubert, 1951]. Or, la régression namurienne n'est pas limitée à l'orogène moghrabin ; elle est nette au Fezzan [Freulon, 1959] et en Mauritanie où se constituent les bassins de sédimentation continentale de Tindouf et de Taoudeni, dont les dépôts supposent une forte érosion des régions continentales adjacentes. On pense au Millstone Grit et, par voie de conséquence, au soulèvement du continent voisin, ici le bouclier africain.

Dans le sud de la plate-forme russe, le Namurien supérieur et le Bachkirien sont continentaux entre un Carbonifère inférieur marin où dominent les carbonates et un Moscovien également marin. Le Namurien supérieur correspond à un soulèvement général de la plate-forme russe.

Dans le Caucase, une phase sudète ou erzgebirgienne semble présente ainsi que dans les bassins de la Bielaïa et de la Laba : elle sépare le Carbonifère inférieur du Carbonifère moyen ; il y a tectonique et le régime marin est remplacé par un régime continental surtout érosionnel. Dans le bassin du Donetz, le Viséen supérieur et le Namurien constituent un ensemble subsident formé d'une série rythmique, tantôt marine, tantôt continentale. Dans l'Oural, le Namurien inférieur prolonge les conditions marines du Viséen. Au Namurien supérieur, encore marin, des soulèvements locaux donnent naissance à des sédiments détritiques (grès, brèches, conglomérats à ciment encore calcaire).

Au début du Namurien, ou à la fin du Viséen, se produit un soulèvement général de la Sibérie occidentale, aboutissant à une érosion profonde. Puis se forment des bassins locaux où s'accumulent les sédiments détritiques. Le soulèvement a également affecté la région du Saïan et de Minousinsk (Altaï), ainsi que le Salair.

En Chine méridionale (Bas Yangtzé et Nanling moyen), la phase de Weinan (= Huainan)

s'est produite entre le Viséen et le Moscovien. C'est donc l'équivalent de la phase sudéto-*erzgebirgienne*. Elle correspond à une régression entre deux transgressions. Comme l'a remarqué Lee, elle ne se traduit point par une discordance évidente, mais il y a eu érosion suivie d'un conglomérat de base. Incontestablement, là encore il s'agit d'une épeirogénèse, qui d'ailleurs met pratiquement fin à l'histoire orogénique du drame paléo-cathaysien-Kuangsi. La même phase est sensible dans le Tien-Shan où des plis et des failles accompagnés de mises en place de granites et de venues volcaniques se produisent entre Viséen-Namurien inférieur et Carbonifère moyen où il y a eu émergence. Dans le Kazakhstan, la coupure semble se placer de la même manière. Le Viséen et le Namurien inférieur sont en partie volcaniques. Le passage au régime continental affecte même le Taïmyr.

Passons à l'Amérique du Nord. Dans la région cordillérienne, le Mississipien s'est déposé dans une fosse subsidente. Il y a eu ensuite émergence au Pennsylvanien : c'est le début de la surrection des Rocheuses anciennes. Si, maintenant, nous nous rendons dans les Appalaches, nous y trouvons les conditions qui justifient, aux yeux des Américains, la coupure du Carbonifère en deux parties (Mississipien et Pennsylvanien) : le Carbonifère inférieur marin y est recouvert en discordance par une série clastique. J. Rodgers [1960], montrant que cette discordance s'étend à travers toute la plate-forme centrale des États-Unis jusqu'aux Montagnes Rocheuses, ajoute : « Peut-être cette discordance enregistre-t-elle quelque contre-coup de l'orogénie acadienne ou quelque phase précoce dans les Appalaches du Sud, mais peut-être reflète-t-elle plutôt des mouvements épeirogéniques dans la plate-forme, car beaucoup des plis de fond doux et irréguliers qui y sont parsemés ont joué à cette époque et sont arasés par la discordance, qui est parfois faiblement angulaire ». Cette phase, qui correspond à la fois à un soulèvement épeirogénique et à une orogénèse dans les Appalaches a reçu le nom de « disturbance » de Coosa, d'après le bassin du même nom, situé dans l'Alabama, dans lequel les sédiments grossiers du Pottsville atteignent leur épaisseur maximale de 3 000 m [Eardley, 1951]. Or, la base du Pottsville correspond à notre Namurien inférieur (zone à *Millerella*). Le même phénomène s'observe d'ailleurs dans les Appalaches canadiennes. Une lacune, souvent accompagnée d'une discordance angulaire représentant généralement le Namurien B et C,

existe entre le Mississipien en partie marin et le Pennsylvanien continental et productif.

En Australie orientale (Queensland, Nouvelles-Galles du Sud), c'est-à-dire l'orogène Tasman, la phase de Kanimbla semblerait occuper la même position. Affectant 5 000 km de long sur 900 de large, elle n'a pas provoqué de très importants plissements, mais des failles et des ajustements. Elle se place à la fin du Viséen (Burundi supérieur = Kuttung inférieur, d'après Browne [1958]) et avant le Kuttung supérieur qui comprend peut-être du Namurien, mais aussi le Westphalien et peut-être du Stéphanien. Avec cette phase débute la glaciation dans cette région.

L'épeirogénèse sudéto-*erzgebirgienne*, que nous appellerons désormais *mesocarbonifère*, a donc entraîné dès son début l'érosion subaérienne dont le résultat a été l'élaboration de sédiments détritiques : grès conglomératiques, grès à éléments anguleux (par exemple le Millstone Grit anglais), que l'on peut considérer comme les premières mollasses de la chaîne varisque.

Mais ce n'est qu'à sa fin, marquée par la phase *erzgebirgienne*, que l'ampleur des résultats atteignit son maximum. Le bouclier scandinave, le bouclier saharien, la plate-forme russe, la Sibérie, l'Altaï, la Chine méridionale, enfin toute l'Amérique du Nord ont été soulevés durant la même période, qui s'étend de la fin du Viséen à la fin du Namurien B. En ce qui concerne les continents gondwaniens, la stratigraphie du Carbonifère inférieur et moyen n'a pas été suffisamment étudiée en détail pour qu'on puisse dire que le phénomène s'est étendu à l'Afrique du Sud, à l'Amérique du Sud et à l'Inde. Mais en tous cas, il s'est déroulé de la même manière en Australie.

Les conséquences de l'épeirogénèse méso-carbonifère ont été considérables. Elles sont de trois ordres principaux.

Conséquences paléogéographiques. L'aspect de la géographie namurienne [Termier, 1952, carte XV] est fortement régressif dans toutes les régions : il y a eu retrait des mers épicontinentales et l'on peut même penser exondation partielle de ce qui pouvait être alors le plateau continental. S'y ajouta un creusement général des aires continentales, creusement qui fut à la mesure de la valeur absolue du soulèvement au-dessus du niveau de la mer. Il en résulta une accumulation de sédiments détritiques, soit dans des bassins intramontagneux, soit dans des bassins paraliques.

Conséquences climatiques. Si l'on admet que

le cycle d'insolation était alors comparable à ce qu'il fut au Quaternaire, les conséquences climatiques des seuls changements paléogéographiques précédents n'ont dû apparaître que progressivement. Nous retiendrons d'abord les indices suivants : sols, tillites et dépôts évaporatoires.

Dans l'Ayrshire (Écosse), des basaltes associés au Millstone Grit ont donné naissance à des latérites (ultérieurement remaniées) : il s'était sans doute installé là une forêt sous climat tropical humide analogue au climat de mousson du Viséen. A peu près à la même époque, en Amérique du Nord, les « fire-clays » du groupe de Mercer, intercalées dans le Pottsville, proviennent aussi du remaniement d'argiles latéritiques.

En Australie orientale, les premières tillites carbonifères, indiquant des glaciers, sont associées à la chaîne de Kanimbla.

Enfin, l'évaporation des mers ne commence à se produire que dans peu d'endroits. Aux États-Unis des lagunes assez nombreuses marquent, par le dépôt d'évaporites, l'assèchement des mers sur l'Ouest et le Sud du bouclier canadien [Krumbein, 1951].

La différenciation des climats qui caractérisera le Houiller ne fait qu'apparaître au Namurien.

Conséquences biologiques. Le Namurien B constitue l'une des charnières biologiques du Carbonifère, mais il ne représente pas cependant une coupure révolutionnaire comme il y en a eu à plusieurs reprises dans les temps fossilifères. Les conditions introduites dans la biosphère par le soulèvement des continents ont amené certains types d'organismes à se développer et les autres à changer de pays, ou tout au moins à ne se maintenir que dans certaines provinces.

Les faunes marines ne se sont pas modifiées particulièrement. Le développement des Goniatites, des Foraminifères, des Polypiers, des Brachiopodes, n'offre pas d'interruption brusque, comme ce fut le cas à la fin du Dévonien et comme on le retrouvera à la limite du Carbonifère et du Permien. Nous voyons là une conséquence directe de la faiblesse relative des répercussions climatiques immédiates de l'épeirogénèse méso-carbonifère. Le seul résultat important de celle-ci au point de vue marin ne doit avoir été qu'un rétrécissement de la plupart des mers épicontinentales.

Il est juste de dire que la prolongation des conditions marines, sans interruption entre le Viséen et le Namurien inférieur, a provoqué

dans les régions où elle s'est produite la persistance des genres caractéristiques. Cette particularité explique que le Chesterien américain comprenne à la fois la zone à *Goniatites* et celles à *Eumorphoceras* et à *Homoceras* : au Texas même, le genre *Goniatites* coexiste avec *Eumorphoceras* et *Cravenoceras* [Miller et Youngquist, 1948]. Ce phénomène de simultanéité n'est pas si marqué en Europe, aire affectée, comme nous l'avons vu, très vivement par la phase sudète : les Goniatitidés y disparaissent avec le Viséen et ne coexistent pas avec les *Eumorphoceras*. Mais dans le Sahara occidental, Cl. Pareyn [1958] a observé une association comparable à celle du Texas : des Goniatitidés (*Mesoglyphioceras granosus* et *Neoglyphioceras subcirculare*) y accompagnent *Cravenoceras*, *Eumorphoceras* et les premiers *Anthracoceras*. En outre, il semble bien qu'au Namurien inférieur *Mesoglyphioceras* donne naissance au genre *Proshumardites* du Namurien supérieur. D'un autre côté, dans le Sahara aussi bien occidental qu'oriental, *Gigantoproductus giganteus* qui est l'un des fossiles caractéristique du Viséen supérieur en Europe persiste dans le Namurien inférieur jusqu'à la fin des dépôts calcaires.

Donc, là où les conditions marines sont demeurées à peu près les mêmes qu'au Carbonifère inférieur, les faunes ont évolué d'une façon normale et progressive (horotélique). En revanche là où ont alterné les conditions marines et continentales, on voit disparaître le plus grand nombre de genres, tandis que les « fossiles de zones » ne sont que des « visiteurs », occupants temporaires venus d'ailleurs et ne laissant pas de descendance. Pour le bassin houiller franco-belge, le cas est extrêmement net : les horizons successifs à : 1) *Reticuloceras bilingue*, 2) *R. superbilingue*, 3) *Gastrioceras*, 4) *Anthracoceras aegiranum* représentent des épisodes marins bien séparés par des dépôts continentaux. Ils sont évidemment plus faciles à discerner que dans le cas d'une série continue, mais on doit tenir compte du manque d'intermédiaire correspondant en durée et en « évolution » aux épisodes continentaux.

Dans le cas de ces organismes marins, il n'y a pas lieu de penser que la température des mers européennes se soit beaucoup refroidie. Mais il est certain que les Goniatites et les *Productidés* ont souffert des variations de salinité des eaux dans les régions en voie de surrection. N'oublions pas, en effet, que les Céphalopodes et les Brachiopodes articulés sont des Sténohalins poecilomotiques.

Les faunes et les flores continentales se sont

modifiées plus radicalement. En premier lieu, il faut citer l'extraordinaire déplacement du genre *Rhacopteris*, Fougère d'âge tournaisien en Grande-Bretagne, qui apparaîtra dans le Kuttung inférieur et supérieur (Viséen et surtout Namurien) de l'Australie orientale. C'est probablement une plante de climat tempéré sec que la chaleur humide du Viséen et du Houiller ont fait disparaître d'Europe après le Namurien. Il faut souligner cet indice paléoclimatologique. On doit y ajouter les données acquises sur l'évolution des Insectes [Laurentiaux, 1959]. Les premiers Insectes ailés qui soient bien connus sont en effet des Protorthoptères du Namurien A de Haute-Silésie (*Stygne*) et du Namurien B du Limbourg hollandais (*Limburgina*), ainsi qu'une forme voisine des Psoques (*Ampeliptera*), des Paléodictyoptères (*Patteiskya* du Namurien B de Westphalie, *Straeleniella*), un Homoptère dans le Namurien C du bassin de Charleroi (*Protoprosbole*), enfin un Mécoptère ancestral (*Metropator*) dans le Namurien B de Pennsylvanie. Dans le Westphalien tout à fait inférieur, on cite aussi un Protanisoptère et des Blattes à oothèque donc de type moderne. Or, de cette faune on ne retrouve guère dans le Carbonifère supérieur de l'hémisphère nord que les Insectes à larves aquatiques (Paléodictyoptères et Protorthoptères). Les Mecoptéroïdes, les Psocoptéroïdes et les Hemiptéroïdes, dont les métamorphoses sont plus complètes, ne sont pas représentés dans le Houiller de l'hémisphère nord, mais on les retrouve au Permien, avec d'autres types modernes, en particulier dans le Newcastle stage (Tatarien) des Nouvelles-Galles du Sud, et dans les Wellington shales des États-Unis.

Seules les conditions de vie imposées par le milieu peuvent être responsables de cet immense hiatus. Avec quelques décalages, la même aventure a donc atteint *Rhacopteris* et les Insectes à larve non aquatique : tous sont allés se réfugier dans l'hémisphère sud et en particulier en Australie où le climat demeurerait, malgré les apparences, moins excessif que dans les forêts moites de l'aire houillère de l'hémisphère nord. D. Laurentiaux a montré que la faune d'Insectes, homogène au Namurien, a commencé de se répartir en provinces distinctes à partir de la fin du Namurien et du Westphalien inférieur. Nous voyons là une des conséquences des modifications dues à l'épeirogénèse méso-carbonifère : les Insectes, libérés de la vie larvaire aquatique, ayant supporté, et même préféré, un climat plus sec qui, après le Namurien, ne s'est plus rencontré dans l'hémisphère boréal,

ont en outre trouvé dans cette géographie de régression des chemins relativement aisés pour migrer.

Les faunes de Vertébrés sont également révélatrices. Parmi les Poissons, au Mississipien dominant les Crossoptérygiens et les Dipneustes, types amphibiens vivant dans les lacs temporaires d'un climat semi-aride. Au Pennsylvanien vont au contraire régner en Europe les Paléoniscidés dont la respiration n'est que branchiale.

PALÉOGÉOGRAPHIE ET CLIMAT DU « CARBONIFÈRE MOYEN ». — Le Carbonifère moyen tel que le définissent les auteurs russes constitue un ensemble paléogéographique et climatique indiscutable. Il comprend, en effet, le Namurien supérieur (= Bashkirien = Morrowan) et le Westphalien (Moscovien = Lampasian = Atokan + Desmoinesian).

Dans l'hémisphère boréal, les terres émergées par suite de l'épeirogénèse méso-carbonifère sont maintenant entraînées vers une spécialisation climatique plus poussée. Il faut considérer en premier lieu que depuis cette épeirogénèse, l'influence tempérée des mers est répartie beaucoup moins également qu'au Mississipien : de grands blocs comme le continent nord-atlantique, la Scandinavie et l'Europe moyenne sont exondés. Une terre est également sortie de la mer sur l'emplacement de l'Oural. Il s'ensuit que l'on voit se dessiner une zone aride septentrionale, qui a été reconstituée en particulier par Strakhov [1959]. Cette zone qui s'étend sur la Russie d'Europe, le Tien-Shan, la Scandinavie et le continent nord-atlantique, est caractérisée par maints dépôts d'évaporites. Au Nord de cette zone, une zone « tempérée » septentrionale, essentiellement représentée par la Sibérie (continent Angarien) offre des bassins houillers qui dureront jusque dans le Permien, dont la flore (*Cardioneura*, *Calamites*, *Noeggerathiopsis*, *Neuropteris*, *Belopteris*, *Angarodendron*, *Angaropteridium*) s'adapte à un climat non tropical.

Plus au Sud, la zone tropicale humide s'étend sur l'Europe moyenne, le Nord de l'Afrique et l'Amérique du Nord. Ainsi, la flore westphalienne commence à se différencier en provinces. D'après ses caractères, elle témoigne, dans la zone tropicale humide d'Europe par exemple, de conditions saturées d'eau et, vu l'absence en général de bois à anneaux saisonniers, d'une température égale toute l'année. Son exubérance indique une flore chaude.

L'humidité du climat westphalien européen est encore attestée par les conditions de dépôt

des houilles, dans les bassins marécageux. Mais la plupart de ces bassins sont en bordure de mer (bassins paraliques). On peut donc penser que, en dehors de ces régions, la pluviosité demeurerait assez modeste, le climat européen continuant d'être d'un type guinéen.

La zone aride septentrionale ne constitue pas un équivalent de la zone tropicale aride de l'époque actuelle ; son existence nous paraît liée à l'exondation d'immenses régions, telles que le continent nord-atlantique épuisant les vents marins, ainsi qu'à l'état de mauvais drainage de ces aires pénéplanées.

L'abondance de zones montagneuses soulevées par la phase méso-carbonifère pose aussi la question du climat régnant à leur niveau. Cornet et Briart [1877] pensaient que le relief ardennais, composé de sommets couverts de neige, pouvait avoir dépassé 5 000 à 6 000 m. La découverte du conglomérat de Roucourt [Barrois, Bertrand et Pruvost, 1930] provenant de la ride du Condroz, daté du Westphalien C, et l'étude de galets épars dans tout le Houiller, nous renseigne quelque peu sur ces conditions. Les éléments de ces faciès pséphitiques, constitués aux dépens des roches antérieures, y compris des houilles westphaliennes, sont très mal calibrés : il y a par exemple des blocs de plusieurs tonnes dans un ciment englobant lui-même des éléments fins. Mais la forme la plus caractéristique est celle des « dreikanter » façonnés par le vent. Ceux-ci ont été reconnus non seulement dans le conglomérat de Roucourt, mais encore dans le Houiller d'Angleterre et de Bohême. Ces « dreikanter », cette érosion en blocs, témoignent de l'existence d'étendues désertiques, battues par les vents, sur les montagnes, véritables aires périglaciaires, passant souvent sans doute à des glaciers dont les émissaires pouvaient servir d'agents de transport.

Ainsi, dès le Westphalien, peut-être même au Namurien, les hauts sommets de l'hémisphère nord comme ceux de l'Australie portaient des glaciers.

Passons aux animaux marins. La faune moscovienne est encore riche en organismes récifaux jalonnant la Téthys, qui est bien alors une mer tropico-équatoriale authentique. En Amérique du Nord, le Horseshoe atoll, qui s'étend sur une partie du Texas occidental, est un atoll démantelé qui, aujourd'hui, se montre constitué surtout par des calcaires détritiques d'origine récifale. Le régime qui lui a donné naissance a commencé au Lampasien (= Moscovien moyen) pour se terminer avant la fin du Wolfcampien (= Sakmarien). Dans cette région, compte

tenu d'une subsidence périodique se traduisant par des rythmes sédimentaires, les conditions climatiques et géologiques ne se sont donc pas modifiées au cours du Carbonifère supérieur. Ph. T. Stafford [1959] note 4 cycles récifaux principaux au cours du Desmoinesien et 2 au cours du Missourien, ces deux séries étant séparées par un abaissement du niveau de la mer durant lequel l'atoll, soumis à une intense érosion et envasé par les apports boueux du littoral, cessa presque d'être vivant. Deux cycles semblables se produisirent encore au Virgilien et au début du Wolfcampien.

Ces pulsations, qui affectent en même temps les bassins houillers du Kansas et les récifs coralliens du Texas, sont remarquables en ce qu'elles témoignent de l'instabilité durant le Carbonifère supérieur d'une région calme de vieille plate-forme, et non pas seulement d'une étroite zone orogénique, comme l'est par exemple le bassin houiller franco-belge à la même époque.

STÉPHANIE. — Le Westphalien se présentait dans son ensemble comme une époque d'instabilité des zones orogéniques et des aires continentales, se traduisant par des palpitations génératrices de rythmes et de cyclothèmes sédimentaires, et, quand les conditions le permettaient (par exemple dans les bassins paraliques), d'alternances plus ou moins régulières de couches continentales et marines. Les sédiments ne portaient guère de traces de variations climatiques dans les dépôts continentaux de la zone tropicale humide qui couvrait l'Europe : il y avait la forêt exubérante des plaines côtières marécageuses d'une part, les déserts balayés par les vents des sommets et localement glacés d'autre part.

Au Stéphanien, les conditions se sont aggravées avec l'arrêt des bassins paraliques en Europe varisque et en Afrique du Nord moghrabine, arrêt qu'il faut attribuer à la phase asturienne. La surrection maximale de la chaîne, l'éloignement accentué des mers accélèrent, en Europe comme en Afrique du Nord, l'établissement du régime continental. Les bassins houillers ne sont plus paraliques mais internes, c'est-à-dire purement continentaux. Et dans les séquences sédimentaires qui s'y déposent apparaissent pour la première fois des épisodes de teinte rouge. C'est le cas aussi bien pour le Stéphanien inférieur de Kénadza au Sahara et d'Ottweiler en Sarre, que pour le Stéphanien moyen de Faymoreau en Vendée. On peut se poser des questions sur l'origine de ces couches rouges, souvent schisteuses, et penser en parti-

culier qu'elles proviennent du lessivage de sols de végétation ferrallitique ou de cuirasses. Remarquons toutefois que les caractères typiques des latérites, en particulier la richesse en alumine et en vrais minerais de fer, font défaut. Les sols lessivés ne semblent avoir été, en général, que des pédalfers dont l'évolution était moins caractérisée que celle des latérites. En tous cas, la dégradation des sols, autour des bassins houillers du Stéphanien, indique une diminution du couvert végétal, un véritable déboisement naturel, qui ne s'est produit encore que temporairement. De ce déboisement, la cause ne peut être que la sécheresse, car ce caractère s'inscrit aussi dans l'anatomie des plantes. Au Stéphanien supérieur, les épiphytes de la forêt houillère disparaissent, ainsi que les Lycopodiées hétérospores, dont la reproduction s'opère dans l'eau. L'écorce des Sigillaires s'épaissit et devient capable d'emmagasiner de l'eau, les feuilles des Ptéridospermées perdent leur minceur et se couvrent de poils.

Ainsi, hors des phases de déboisement, le climat le plus humide était-il plus sec que celui du Westphalien. On a comparé les bassins internes de la province euraméricaine qui s'étend aussi sur l'Afrique du Nord, l'Iran et le Turkestan russe, à ceux du Gran Chaco (Paraguay), aujourd'hui sous climat semi-aride : dans cette région, en effet, où la plupart des fleuves ne coulent que d'octobre à mai et restent en partie à sec de juin à septembre, il y a souvent des sols salés ou des playas et la forêt prend un caractère xérophyte. Au Stéphanien, les sols salés semblent avoir manqué ; on les trouvera plus tard, à partir du Permien.

Les couches rouges sont encore peu fréquentes, d'ailleurs, et les couches noires composant la majeure partie des séries stéphanienues représentent plutôt un climat pluvial qui peut être comparé à celui qui accompagna les glaciations quaternaires.

De fait, le climat semble s'être déjà fortement refroidi et des glaciers s'étendaient probablement sur les plus hauts sommets. Dans les Appalaches du Massachusetts, le conglomérat de Roxbury, sous-jacent à la tillite sakmarienne de Squantum, s'est déposé dans un bassin au sein de reliefs élevés [Billings, Loomis et Stewart, 1939].

Autre conséquence aussi de l'aggravation du climat, les provinces accentuent leurs caractères distinctifs. En cet âge où l'Europe et l'Amérique deviennent tout à fait continentales, avec des montagnes probablement assez hautes et une sécheresse croissante, il reste une zone

proche de la mer et soumise à l'influence de vents humides qui sont du type des moussons de l'époque actuelle : c'est la province cathaysienne, qui se caractérise par la présence de Fougères et de Ptéridospermées spéciales.

Enfin, on voit apparaître ou se développer les Reptiles, Vertébrés mieux adaptés aux conditions non aquatiques que les Stégocéphales, ce qui s'accorde bien avec l'assèchement des aires continentales.

PALÉOGÉOGRAPHIE DU SAKMARIEN. — Cet étage, qui prend son type dans l'Oural méridional près d'Orenburg (= Chkalov) est mis en équivalence du Wolfcampien nord-américain. Climatiquement, il correspond à l'apogée de la glaciation carbonifère.

Cette crise n'a certainement pas atteint l'ampleur et surtout l'intensité des phases froides du Quaternaire, mais elle a suffi à perturber l'économie du globe. Plutôt que de véritables calottes glaciaires, sauf peut-être en Australie, bien qu'on ne puisse en être sûr, il vaut mieux penser que sur les zones montagneuses, alors nombreuses, déjà couvertes de glaciers, se sont installées des calottes plus considérables. Si l'on cherche des termes de comparaison parmi les phases de la dernière grande glaciation, celle du Plio-Pléistocène, les plus comparables seraient celle du Danube, la première actuellement connue, qui n'est guère apparente que sur les sommets (Alpes, Sierra Nevada) ou décelable par ses répercussions sur le refroidissement et le retrait des mers, puis celle du Günz également moins forte que les suivantes bien que mieux caractérisée que celle du Danube.

Le phénomène répondant de ces calottes glaciaires dans les régions intermédiaires est une pluviosité générale. Elle s'est traduite par la formation de bassins houillers et par l'instauration de fleuves roulant des eaux abondantes chargées en limon. Un tel fleuve, par exemple, va noyer le Horseshoe atoll du Carbonifère moyen texan.

La zone aride est donc encore restreinte et le demeurera à l'Artinskien où la fonte des calottes glaciaires provoque une transgression eustatique.

QUELQUES MOTS SUR LES CLIMATS DU PERMIEN. — Nous ne reviendrons ici sur le détail des paléogéographies et des climats successifs du Permien, dont nous avons parlé ailleurs [Termier, 1958], que pour raccorder ces notions à celles que nous venons d'exposer ici. La phase saaliennne, épeirogénique autant que orogénique, sou-

lève encore l'ensemble des continents. On voit s'élargir progressivement la zone aride septentrionale (Strakhov) qui finira par englober, en Europe l'Oural et l'Allemagne du Nord (mer du Zechstein), en Amérique une bonne partie du Texas.

La température régnante est restée peu élevée, avec des zones comparables sans doute à celles de l'époque actuelle. Sur l'emplacement naguère le plus glacé, par exemple en Afrique du Sud, on assiste dans le Beaufort inférieur (= Zechstein), à une succession de climats (d'après Boonstra) : l'âge de la zone à *Tapinocephalus* (Kazanien) jouissait encore d'un climat froid, avec de fortes pluies intermittentes ; le bassin du Karroo était alors marécageux. Durant le temps de la zone à *Endothiodon* (Tatarien inférieur), le climat s'est réchauffé tout en demeurant pluvieux : le bassin du Karroo offrait des lagunes séparées. Enfin, lors de la zone à *Cisticephalus* (Tatarien supérieur) la chaleur et la sécheresse se sont accentuées.

CONCLUSIONS. — Ainsi, dans la succession d'événements ayant influé sur la paléogéographie du Carbonifère, un rôle capital doit être attribué à l'épeirogénèse mésocarbonifère. Ce mouvement complexe, qui a soulevé l'ensemble des continents, s'est traduit dans le domaine varisque d'Europe par les phases sudète et erzgebirgienne qui encadrent le Namurien inférieur.

Les conséquences immédiates de l'épeirogénèse mésocarbonifère ont été d'ordre paléogéographique : il y a eu régression par rapport à la vaste répartition des mers viséennes, et active sédimentation détritique dès le Namurien moyen. Un peu plus tard, au Namurien supérieur et au début du Westphalien, se place le découpage en provinces climatiques résultant de cette nouvelle géographie, et par voie de conséquence, la coupure biologique dans les faunes et flores continentales. C'est l'apparition des véritables faciès houillers. On peut distinguer : province tempérée angarienne, pro-

vince tropicale humide euraméricaine, avec marécages paraliques dans les points bas, glaciers et déserts périglaciaires sur les montagnes ; province gondwanienne moins humide. Un peu plus tard encore, au Stéphanien, la province euraméricaine voit son caractère continental s'accroître, et tandis que la mer s'est définitivement retirée de la proximité des bassins paraliques, des marécages uniquement pluviaux s'établissent, avec une flore de climat tropical, mais indiquant l'apparition d'une saison sèche. Sur les bords du Pacifique, le climat humide de mousson définit la province cathaysienne.

Au Sakmarien, couronnement de l'évolution crustale initiée par l'épeirogénèse mésocarbonifère, un climat glaciaire modéré s'est étendu sur une grande partie de la Terre : les provinces tempérées précédentes, gondwanienne surtout et angarienne. La province tropicale euraméricaine est devenue une zone pluviale. La province cathaysienne, de mousson, a persisté.

Ces conditions se sont prolongées, avec peu de changement, à l'Artinskien, où cependant s'est produite une transgression eustatique due à la fusion des glaces.

Une nouvelle phase dont les caractères épeirogéniques et universels s'établissent nettement, la phase saalienne, va, en surélevant derechef l'ensemble des continents, accentuer le caractère peu marin et les tendances arides du Permien et du Trias.

Ainsi les grandes coupures paléogéographiques et paléobiologiques paraissent-elles liées à des mouvements qui ont affecté les continents dans leur ensemble, sans distinction entre les géosynclinaux et les aires continentales : ce sont ces phases épeirogéniques, mésocarbonifère et saalienne qu'il faut cesser de considérer comme uniquement liées à la surrection des chaînes d'âge varisque.

Cette conclusion est d'ailleurs valable pour d'autres phases et d'autres époques, ainsi que nous le montrons ailleurs [Termier, 1961].

Bibliographie.

- BARROIS Ch., BERTRAND P. et PRUVOST P. (1930). — Le conglomérat houiller de Roucourt. 6^e sess. *Congr. intern. Mines*, Liège, sect. Géol., p. 147-158, pl. III-IV.
- BILLINGS M. P., LOOMIS FR. B. et STEWART GL. W. (1939). — Carboniferous topography in the vicinity of Boston. Mass. *Bull. geol. Soc. America*, vol. 50, p. 1867-1884.
- BROWNE (1958). — Réponse au questionnaire de feu Prof. Jongmans. 4th intern. *Congr. Carbonif. Strat. and Geology*, Heerlen (photocopié).
- BURNSIDE R. J. (1959). — Geology of part of the Horseshoe atoll in Borden and Howard Counties, Texas. *U. S. geol. Surv., Prof. Pap.*, 315 B.
- CALEMBERT L. et VAN LECKWYCK (1941). Sur des phénomènes de dissolution au contact des terrains viséens et namuriens dans la région de Samson. *Ann. Soc. géol. Belgique*, t. LXV, p. B 41-46.
- CHALARD J. (1960). — Contribution à l'étude du Namurien du bassin houiller du Nord de la France. *Et. géol. Atlas Topogr. souter.*, Serv. géol. Houil. Bas. Nord et Pas-de-Calais, III, Stratigraphie, 1^{er} fasc.
- CHUBERT G. (1951). — Essai de chronologie hercynienne. *Notes Serv. géol. Maroc*, t. IV, p. 11-78 (*Notes et Mém.*, n° 83).
- CORNET et BRIARD (1877). — Sur le relief du sol en Belgique après les temps paléozoïques. *Ann. Soc. géol. Belgique*, t. IV, p. 71.
- DEMANET F. (1938). — La faune des couches de passage du Dinantien au Namurien dans le synclinoorium de Dinant. *Mém. Mus. r. Hist. nat. Belgique*, n° 84.
- EARDLEY A. J. (1951). — Structural geology of North America. New York, Harper et Brothers.
- FREULON J. M. (1959). — Étude géologique des séries primaires du Yassili n'Ajjer et du Fezzan (Sahara central). Thèse, Paris.
- KRUMBEIN W. C. (1951). — Occurrence and lithologic associations of evaporites in the United States. *Journ. Sed. Petrol.*, vol. 21, n° 2, p. 63-81.
- LAURENTIAUX D. (1959). — Contribution à l'étude des Insectes Carbonifères. Thèse, Paris.
- MILLER A. K. et YOUNQUIST. (1948). — The cephalopod fauna of the Mississippian Barnett formation of central Texas. *Journ. Pal.*, vol. 22, n° 6, p. 649-671.
- PARÉYN Cl. (1958). — La limite paléontologique entre le Viséen et le Namurien dans le Sahara occidental. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 9^e sér., 9^e vol., p. 9-19.
- RODGERS J. (1960). — La tectonique des Appalaches. Huit conférences données au Collège de France (polycopié).
- STRAKHOV N., ZALMANSON E. et GLAGOLEVA M. (1959). — Outlines of geochemistry of late palaeozoic humidic rocks of U. R. S. S. *Trav. Inst. géol. Ac. Sc. U. R. S. S.*, n° 23.
- STAFFORD (P. T.). (1955). — The zonation of the late Paleozoic Horseshoe atoll in Surry and Southern Kent Counties, Texas. *U. S. geol. Surv. Oil and Gas Inv.*, chart OC 53.
- TERMIER H. et TERMIER G. (1952). — Histoire géologique de la Biosphère. Paris, Masson et C^{ie}.
- (1956). — L'évolution de la lithosphère. II. Oro-génèse, 2 fasc. Paris, Masson et C^{ie}.
- (1958). — Les grandes phases arides des temps géologiques. Leur place dans l'histoire de la terre et leurs répercussions sur l'histoire de la vie : exemple du Permien. *Rev. gén. Sciences*.
- (1959). — Évolution et paléogéographie. Paris, Albin Michel, coll. Sciences d'aujourd'hui.
- (1961). — L'évolution de la Lithosphère. III. Glyptogénèse. Paris, Masson et C^{ie}.

Pringlia demaistrei nov. sp. un Xiphosure (Chélicérate) du Stéphanien de la Loire

par André VANDENBERGHE *.

PLANCHE XIII b.

Sommaire. — Présentation d'une espèce nouvelle de Xiphosure de la base du Stéphanien supérieur de la Loire ; affinités de *Pringlia demaistrei* nov. sp. avec *Pringlia fritschi* W. et R. REMY.

Un niveau à faune précédemment signalé existe dans le terrain houiller de la Loire aux environs de la limite du Stéphanien supérieur et du Stéphanien moyen [Vandenberghe, 1960].

Ce niveau a été recoupé par un nouveau sondage¹ sur une épaisseur totale de l'ordre de 27 m. Il est constitué par de très nombreux filets de schistes fins à rayure brune, renfermant des coquilles d'Ostracodes et des écailles de Poissons, j'y ai trouvé également des débris d'*Eileticus pruvosti*. Ces filets de schistes fins sont séparés par des niveaux de schistes micacés et même de grès schisteux dans lesquels j'ai trouvé *Odontopteris pseudoschlotheimi* DE MAISTRE et *Alethopteris grandini* BRONGNIART.

La position stratigraphique de ce niveau à la base du Stéphanien supérieur de Paul Bertrand [1918] est confirmée par l'étude détaillée du sondage de part et d'autre. En particulier, l'on a recoupé plus haut le faisceau des Littes, caractérisé par l'abondance d'*Odontopteris minor* BRONGNIART, tandis qu'au mur de ce niveau, l'on n'a trouvé que des fossiles banaux du Stéphanien moyen.

Un autre niveau à faune abondante est bien connu au sommet du faisceau des Littes, c'est la grande formation poissonneuse de Montrambert. Aucune faune n'a jamais été signalée à la base de ce faisceau ; j'ai cependant remarqué que dans les collections de Paul Bertrand entreposées à l'École nationale supérieure des Mines de Saint-Étienne² plusieurs échantillons classés avec ceux de la grande formation poissonneuse de Montrambert viennent très probablement de la base du faisceau des Littes.

Pringlia demaistrei nov. sp.

Pl. XIII b fig. 1 et 2.

SOUS-EMBRANCHEMENT : Chélicérates HEYMONS 1901 [Fage, 1949, Termier, 1950 ; Waterlot, 1953].

CLASSE : Mérostomes WOODWARD 1866.

SOUS-CLASSE : Xiphosures STÖRMER 1944.

ORDRE : *Xiphosurida* R. et E. RICHTER 1929. Opisthosoma trilobé, non divisé en mésosoma et métasoma.

FAMILLE : *Limulidae* ZITTEL 1910. Opisthosoma arrondi ou triangulaire. Segments complètement fusionnés. Une zone externe épineuse est séparée de l'opisthosoma par un sillon.

GENRE : *Pringlia* RAYMOND 1944. PROSOMA terminé en arrière par deux pointes génales, deux pointes intergénéales et une pointe occipitale. Yeux extérieurs à la glabelle.

DIAGNOSE : Prosoma arrondi, bordure antérieure en forme de pelle fouisseuse. Glabelle bien nette, d'allure cylindro-conique avec l'extrémité antérieure renflée. La glabelle est terminée vers l'arrière par une épine occipitale. Les yeux, de forme circulaire, sont écartés et

* Note présentée à la séance du 2 mai 1960.

1. Sondage 6, à 1 049,60 m ; coordonnées Lambert : $x = 756,48$
 $y = 347,34$.

2. J'adresse ici mes plus vifs remerciements à M. L. Neltner, Ingénieur général des Mines et Directeur de l'École, ainsi qu'à M. J. Letourneur, Professeur de Géologie, qui ont toujours facilité mes recherches dans leurs collections.

disposés de part et d'autre de la glabelle, dans sa partie antérieure. La région génale a un contour semi-circulaire ; le bourrelet marginal est accusé, il n'y a pas de bourrelet postérieur. Il existe un sillon marginal à la partie antérieure. Vers l'arrière, il y a deux pointes génales assez courtes et deux pointes intergénéales plus longues. Des traces d'insertions musculaires sont placées par paires sur les joues. Les ocelles sont situées à la limite antérieure de la glabelle, immédiatement en arrière du sillon marginal.

L'opisthosoma est de forme trapézoïdale ; son rachis est de forme cylindro-conique et constitué par six ou sept segments soudés. Les plèvres sont lisses ; notre échantillon ne présente pas d'épines pleurales, mais il est possible que celles-ci aient été détruites lors de la fossilisation. L'opisthosoma est prolongé en arrière par un telson.

DIMENSIONS. Long. totale = 23 mm ; long. du prosoma = 10 mm ; long. de l'opisthosoma = 7 mm ; long. du telson = 6 mm ; larg. du prosoma = 18 mm ; larg. de l'opisthosoma = 14 mm ; larg. du telson = 1,5 mm.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES. La présence de pointes intergénéales a déjà été signalée chez certains Trilobites primitifs de la famille des *Olenellidae* [Hupé, 1953 ; Störmer, 1949]. Le rapprochement souvent fait entre les *Limulidae* et les *Olenellidae*, rapprochement basé sur la présence d'un telson (*Olenellus thomsoni*), sur

la suture marginale (non visible sur notre échantillon), se trouve donc encore confirmé. Il faut cependant remarquer qu'ici les pointes intergénéales sont plus longues que les pointes génales.

Par ailleurs, *Pringlia demaistrei* nov. sp. présente des caractères qui permettent de le considérer comme une forme de passage entre les *Prestwichia* du Westphalien décrits par H. Woodward [1878] et M. P. Pruvost [1919] et les *Paleolimulus* du Permien décrits par C. O. Dunbar [1923]. En effet, la présence de plèvres lisses chez *P. demaistrei* le rapproche de *Paleolimulus avitus* DUNBAR avec lequel il a beaucoup de caractères communs, tandis que les proportions relatives entre le prosoma et l'opisthosoma le rapprochent de *Prestwichia*. Cette forme intermédiaire correspond d'ailleurs à une position stratigraphique moyenne.

L'espèce la plus voisine de *Pringlia demaistrei* nov. sp. est très certainement *Pringlia fritschii* W. et R. REMY [1959]. Les différences essentielles entre ces deux espèces sont les suivantes : dimensions différentes ; contour du prosoma différent, en particulier les limites des joues sont plus nettes ; forme de la glabelle légèrement différente ; orientation des pointes génales différente.

Je dédie cette espèce à M. Jacques de Maistre, Ingénieur principal et Chef du Service géologique des Houillères du bassin de la Loire qui, par ses connaissances précises de ce bassin, a toujours grandement facilité ma tâche ; je lui adresse mes plus vifs remerciements.

Bibliographie.

- BERTRAND P. (1918). — Les grandes divisions paléontologiques du Stéphanien du bassin de la Loire. *C. R. Ac. Sc.*, t. 167, p. 760.
- DUNBAR C. O. (1923). — *Paleolimulus*, a new genus of paleozoic Xiphosura. *Amer. Journ. Sc.*, (5), vol. V, n° 37.
- FAGE L. (1949). — Classe des Mérostomacés. In P. GRASSÉ, Traité de Zoologie, t. VI, p. 219. Paris, Masson et C^{ie}.
- HUPÉ P. (1953). — Classe des Trilobites. In J. PIVETEAU, Traité de Paléontologie, t. III, p. 44. Paris, Masson et C^{ie}.
- PRUVOST P. (1919). — La faune continentale du terrain houiller du Nord de la France. *Mém. Expl. Carte géol. France*, p. 351.
- RAYMOND P. E. (1944). — Late paleozoic Xiphosurans. *Bull. Mus. comp. Zool. Harvard College*, vol. 94, n° 10.
- REMY W. et R. (1959). — Arthropodenfunde im Stefan der Halleschen Mulde. *Monatsber. deuts. Ak. Wiss.*, Bd I, H. 5, p. 299.
- RICHTER R. et E. (1929). — *Weinbergina opitzi* n. g. n. sp. ein Schwerträger (Merost. Xiphos.) aus dem Devon (Rheinland). *Senckenbergiana*, Bd 11, p. 193-209.
- STÖRMER L. (1944). — On the relationships and phylogeny of fossil and recent *Arachnomorpha*. Oslo.
- (1949). — Classe des Trilobites. In P. GRASSÉ, Traité de Zoologie, t. VI, p. 160. Paris, Masson et C^{ie}.
- (1952). — Phylogeny and taxonomy of fossil horseshoe Crabs. *Journ. Pal.*, vol. 26, n° 4.
- TERMIER G. et H. (1950). — Paléontologie marocaine, t. II : Invertébrés de l'ère primaire, fasc. 4, pp. 13 et 49. *Notes et Mém. Serv. géol. Maroc*, n° 79.
- VANDENBERGHE A. (1960). — Un Arthropode du terrain houiller de la Loire : *Eileticus pruvosti* n. sp.

- Position systématique du genre *Eileticus* SCUD-
DER. *B. S. G. F.*, (7), II, p. 690.
- WATERLOT G. (1953). — Sous embranchement des Chéli-
cérates. In J. PIVETEAU, *Traité de Paléontolo-*
gie, t. III, p. 529. Paris, Masson et Cie.
- WOODWARD H. (1878). — A monograph of the british
- Crustacea belonging to the order *Merostomata*,
Palaeontogr. Soc. London. vol. XXXII. Part V,
p. 181.
- ZITTEL K. A. (1910). — *Grundzüge der Paläontologie*.
Abt. 1, Invertebrata. 3^e éd., Berlin et Munich.
-

LÉGENDE DE LA PLANCHE XIII b.

FIG. 1 et 2. — *Pringlia demaistrei* nov. sp. $\times 4$.

Un Arthropode du terrain houiller de la Loire *Eileticus pruvosti* nov. sp.

Position systématique du genre *Eileticus* SCUDDER

par André VANDENBERGHE *.

PLANCHE XVII.

Sommaire. — Une nouvelle espèce d'*Eileticus* a été trouvée dans le terrain houiller de Saint-Étienne à la limite du Stéphaniens moyen et du Stéphaniens supérieur. Les caractères morphologiques de cette espèce confirment les idées de M. P. Puvost sur l'appartenance des *Eileticus* aux Malacostracés de l'ordre des Syncarides. Une nouvelle famille, celle des *Eileticidea*, rassemble la sous-famille des *Acanthotelsonidae* Puvost 1919 (*emend. nob.*) et la sous-famille des *Anacanthotelsonidae* (*nov.*) à laquelle appartient le genre *Eileticus*.

La découverte de fossiles remarquablement bien conservés dans un sondage du bassin houiller de Saint-Étienne¹ apporte des précisions nouvelles sur un groupe d'Arthropodes jusqu'à présent discuté.

Dans une note publiée en 1882, S. H. Scudder annonçait la découverte d'un Arthropode nouveau qu'il baptisait *Eileticus* et qu'il classait dans les Myriapodes. En 1912, M. P. Puvost découvrait à son tour un *Eileticus* dans le terrain houiller du Nord de la France et le classait à nouveau parmi les Myriapodes. Il publiait une figure de l'espèce trouvée, animal malheureusement incomplet (fig. 1 A).

Ultérieurement, dans sa thèse, M. P. Puvost [1919] revenait sur cette opinion. Faisant une tentative de reconstitution partielle du genre *Eileticus* (fig. 1 B), il compara celui-ci avec le genre *Pleurocaris* (fig. 1 C) antérieurement décrit par Calman [1911], mit en évidence les ressemblances entre ces deux genres et fut amené à regrouper les genres *Eileticus* et *Pleurocaris* dans une nouvelle famille, celle des *Acanthotelsonidés*, qu'il rangea parmi les *Syncarida*. Il fallait donc admettre que jusqu'alors l'on avait classé parmi les Myriapodes et appelé *Eileticus* des animaux qui sont en réalité des Crustacés de l'ordre des *Syncarida*, dont le telson et la

plupart des membres auraient été détruits accidentellement.

Étudiant de nouveau en 1923 des *Syncarides* fossiles, mais cette fois dans des formations marines de la base du Westphalien à Woensdrecht², M. Puvost rappelle encore incidemment qu'il considère les *Eileticus* comme faisant partie de cet ordre.

En 1953, la position systématique des *Eileticus* n'est pas encore absolument définie puisque D. Laurentiaux [1953] les étudie, en faisant des réserves il est vrai, parmi les Myriapodes, tandis que J. Roger [1953] les signale parmi les Malacostracés.

Les échantillons parfaitement conservés que nous avons trouvés dans le bassin de la Loire, permettent enfin de lever l'indétermination qui pesait sur ce genre et confirme de façon éclatante les hypothèses de M. P. Puvost. Cependant, les caractères de la famille des *Acanthotelsonidés* Puvost ne correspondant pas exactement

* Note présentée à la séance du 2 mai 1960.

1. Sondage S 35 ; coordonnées : $x = 758,02$; $y = 348,98$ à 912,40 m de profondeur.

2. Sondage décrit : *Jaarverbl. Rijksopsporing van Delfstoffen over 1913*, Amsterdam, 1914, p. 1-9 et *Eindversl. Onderzoekingen en Uitkomsten Dienst Rijksopsporing van Delfstoffen Nederland, 1903-1916*, Amsterdam, 1918, p. 165-166.

à la description du genre, nous avons été amenés à créer la famille des *Eileticidés nov.* se subdivisant en sous-famille des *Acanthotelsonidés*

PRUVOST, et sous-famille des *Anacanthotelsonidés nov.*, ces deux sous-familles se distinguant par la forme du telson et des rami des uropodes.

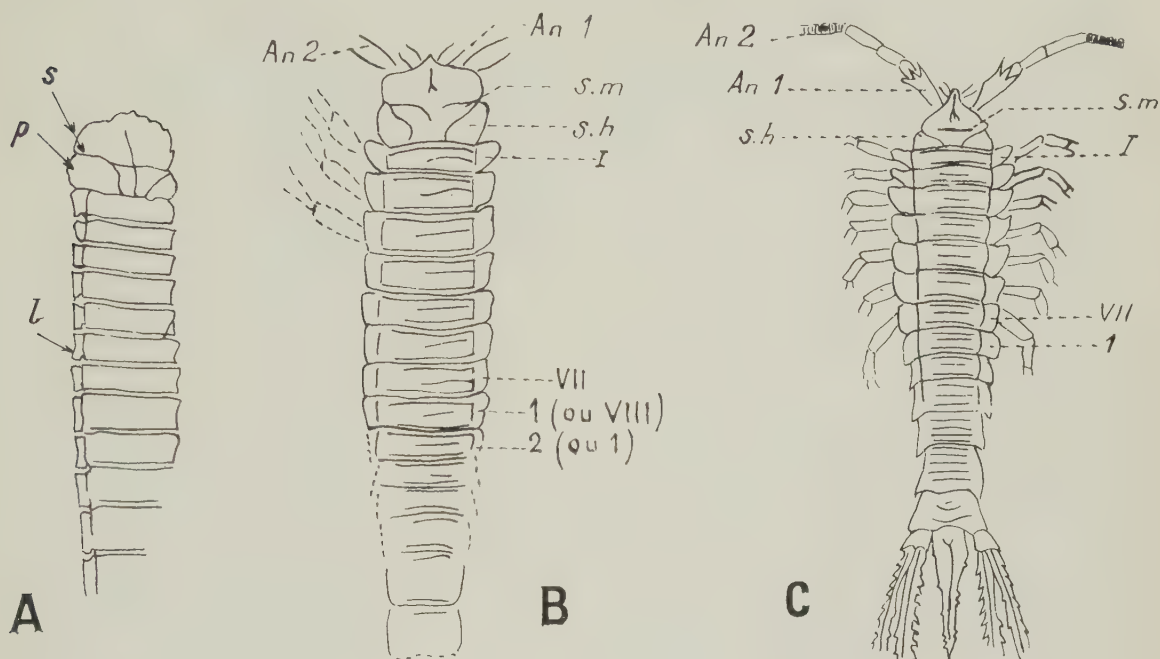


FIG. 1.

A : *Eileticus cf. aequalis* SCUDDER (d'après P. PRUVOST [1912, pl. II]). $\times 6$. s : sillon occipital; p : protubérance latérale; l : expansion latérale.

B : *Eileticus aequalis* SCUDDER, restauration d'après les figures de Scudder, résumant ce que l'on connaît du genre *Eileticus*. Terrain westphalien de Mazon Creek, Illinois (d'après P. PRUVOST [1919, fig. 23, p. 89]). $\times 2$.

C : *Pleurocaris annulatus* CALMAN, restauration d'après Calman. Terrain westphalien de Coselay près Dudley [Pruvost, 1919, fig. 21, p. 87]. $\times 6$.

Eileticus pruvosti nov. sp.

Pl. XVII et texte-fig. 2.

Sous-classe des Malacostracés LATREILLE 1806.

Série des *Eumalacostraca* GROBBEN 1892.

ORDRE des *Syncarida* PACKARD 1886 (*emend.* CALMAN 1904). Tête prolongée en avant par un petit rostre. Premier somite thoracique soudé à la tête. Sept ou huit segments abdominaux. Yeux pédonculés. Telson et uropodes formant un éventail caudal. Pattes thoraciques formées d'un endopodite et d'un exopodite. Pas de cephalothorax.

FAMILLE des *Eileticidae nov.* Thorax comprenant sept somites libres, la tête et le premier somite étant fusionnés.

Sous-famille des *Acanthotelsonidae* PRUVOST 1919 (*emend. nob.*). Telson et rami des uropodes en forme d'aiguilles étroites garnies de longues soies.

Sous-famille des *Anacanthotelsonidae nov.* Telson et rami des uropodes linguiformes et garnis de soies.

GENRE *Eileticus* SCUDDER 1822. Tête quadrangulaire. Un premier segment thoracique est soudé à la tête. Sept segments thoraciques libres portent des pattes toutes semblables constituées par un exopodite et un endopodite. Sept segments abdominaux dont le dernier porte le telson et les uropodes.

DESCRIPTION. — Tête quadrangulaire divisée en deux parties par un profond sillon. Des protubérances latérales portent des yeux qui

semblent pédonculés. Le rostre prolongeant la tête vers l'avant est bien net, de forme lancéolée. Des appendices céphaliques, parmi lesquels un fragment d'antenne et des pièces buccales, sont visibles en avant de la tête. Sept somites thoraciques libres, ornés d'un sillon transverse, portent des articles complexes (endopodite et exopodite ?) plus ou moins écrasés. — Sept somites abdominaux, ornés d'un sillon longitudinal portent des lames pleurales bien nettes. Le dernier somite porte un telson court et trapu, assez large, avec un axe bien marqué et les rami des uropodes, au nombre de quatre, linguiformes, plus grands que le telson et garnis de soies.

NIVEAU STRATIGRAPHIQUE. — *Eileticus pruvosti* nov. sp. a été trouvé dans le Stéphanien du bassin de Saint-Étienne au sommet du faisceau de Grüner, c'est-à-dire sensiblement à la limite du Stéphanien moyen et du Stéphanien supérieur. Cette espèce est extrêmement abondante à ce niveau et on peut la considérer comme un excellent fossile-guide. Elle se trouve à environ 25 m au toit de la Grande Couche, dite 3^e couche. Elle est fréquemment associée à d'autres Arthropodes tels que des Limules (*Pringlia demaistre* VANDENBERGHE 1960) et des Insectes (*Phyllollatta* sp.), à des écailles de Poisson et à une plante caractéristique de cette zone (*Odontopteris pseudoschotheimi* DE MAISTRE). Il serait très commode de considérer ce niveau comme la limite du Stéphanien supérieur et du Stéphanien moyen.

Je dédie cette espèce à mon maître, le Professeur Pruvost, qui, le premier, a pressenti la position systématique du genre *Eileticus*.

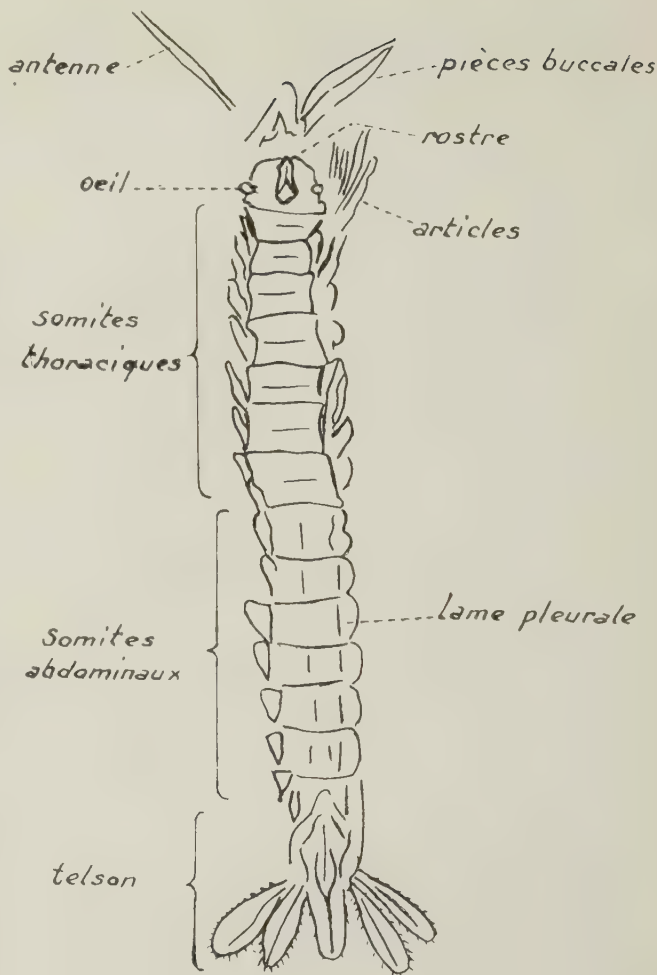


FIG. 2. — *Eileticus pruvosti* nov. sp.
Dessin d'après photographie. $\times 10$.

Bibliographie.

- CALMAN W. T. (1911). — On *Pleurocaris*, a new Crustacean from the english Coal-mesures. *Geol. Mag.*, new ser., dec. V, vol. VIII, p. 156-160. Further note on *Pleurocaris angulatus*, p. 494, fig. 5.
- PRUVOST P. (1912). — Note sur un Myriapode du terrain houiller du Nord. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. XLI, p. 65, pl. II, fig. 6-7.
- (1919). — La faune continentale du terrain houiller du Nord de la France. *Mém. Expl. Carte géol. dét. France*, p. 89.
- (1923). — Description d'un Crustacé syncaride nouveau (*Palaeocaris van der gracht* nov. sp. de l'assise de Chokier à Woensdrecht (Pays-Bas). *Ann. Soc. scient. Bruxelles*, t. XLII, 1^{re} partie, Doc. et C. R., p. 147-150.
- LAURENTIAUX D. (1953). — Classe des Myriapodes. In J. PIVETEAU, *Traité de paléontologie*, t. III, p. 395.
- ROGER J. (1953). — Sous-classe des Malacostracés. In J. PIVETEAU, *Traité de paléontologie*, t. III, p. 318.
- SCUDDER S. H. (1882). — Archipolypode, a subordinal type of spined Myriapods from the Carboniferous formation. *Mem. Boston Soc. nat. Hist.*, vol. III, n° 5, p. 143-182, pl. X-XIII, cf. p. 178.

LÉGENDE DE LA PLANCHE XVII.

Eileticus pruvosti nov. sp.

- FIG. 1. — Plaque de schistes montrant des *Eileticus pruvosti* n. sp. du Stéphanien de la Loire. $\times 3$.
- FIG. 2. — Empreintes de deux individus du même échantillon. $\times 9$.

Sur la flore autunienne du détroit de Rodez

Note préliminaire

par Pierre VETTER *.

Sommaire. — Inventaire de la flore autunienne du détroit de Rodez (gisement de Clairvaux, de Pont-de-Malrieu et de Pomayrols).

Les dépôts autuniens sont bien représentés sur le pourtour ouest et nord du détroit de Rodez. Suivant les endroits, leur puissance varie de 50 à 130 m ; ils reposent tantôt sur le socle métamorphique, tantôt sur le Stéphien et sont toujours surmontés par la puissante série des grès et argiles rouges du Saxonien.

Dans toute cette région, l'Autunien présente des faciès très caractéristiques qui constituent souvent les seuls critères permettant de l'identifier ; à côté des poudingues et grès micacés blancs et jaunâtres, il faut noter la présence de schistes fins bleutés ou noirs se débitant en très minces feuillets d'argile schisteuse grise parfois rubéfiée, de calcaires en plaquettes et de calcaires dolomitiques noirs. Ces calcaires forment un bon repère et leur épaisseur peut atteindre une trentaine de mètres. L'originalité de ces faciès par rapport à ceux du Stéphien et à ceux du Saxonien a déjà été mise en évidence par Coquand ¹, qui a donné le premier une coupe très détaillée de l'Autunien de Gages, par Boisse ² et par Y. Boisse de Black ³.

1. Entre Firmy et au-delà de la station d'Auzits-Aussibal, on connaît une étroite bande d'Autunien principalement gréseux, allongé NW-N sur 8 km environ.

2. Dans la région de Clairvaux, l'affleurement est orienté N-S et se poursuit sur 2,5 km entre Saint-Georges de Bruéjols et la faille de Clairvaux.

3. Le long de la bordure nord des Palanges, une série d'affleurements presque continus s'échelonnent sur près de 25 km entre le hameau de Saint-Joseph à l'W de Rodez et Laissac.

4. On retrouve l'Autunien au centre du détroit de Rodez, sur le pourtour du petit massif gneissique de Vimenet.

Quelques forages ont montré l'existence de l'Autunien sous le Saxonien :

— le sondage de la gare de Bertholène foré en 1900 au N de la grande faille de Cèzes, à Valzergues, a recoupé une belle épaisseur d'Autunien : 128 m d'après P. Colrat ⁴, entre 453 et 581 m de profondeur ;

— certains sondages de l'Orta (1917-1919) ont également reconnu l'Autunien mais avec une épaisseur moindre.

La flore fossile recueillie jusqu'à présent est encore peu abondante ; les débris végétaux sont assez rares, fragmentaires et souvent mal conservés, ce qui empêche parfois de pousser la détermination jusqu'au niveau de l'espèce. Les schistes fins bleutés ne m'ont jamais livré de fossiles végétaux, par contre, j'y ai trouvé des plaques couvertes de petites valves d'Esthéries. Sous réserve d'une étude plus approfondie, j'attribue ces restes de Phyllopoques à *Estheria tenella* JONES.

Trois points se sont révélés un peu plus riches en flore fossile :

1. CLAIRVAUX, dans les schistes un peu psammitiques et dans les argiles schisteuses grises : *Pecopteris* fructifié, cf. *Taeniopteris* (fragment), *Asterophyllites equisetiformis* SCHLOTH., *Sphenophyllum* à grandes folioles ovales (du groupe de *Sph. thoni*), *Lebachia hypnoides* BRONGN., cf. *Ernestiodendron filiciforme* SCHLOTH., graines, débris

* Note soumise à la séance du 2 mai 1960.

1. COQUAND (1855) : Description géologique du terrain permien de l'Aveyron et de celui des environs de Lodève (Hérault). *B. S.G.F.*, (2), XII, p. 128-151.

2. BOISSE A. (1870) : Esquisse géologique du département de l'Aveyron, Paris, Imp. nat.

3. BOISSE DE BLACK Y. (1933) : Le détroit de Rodez et ses bordures cristallines. *Bull. Serv. Carte géol. France*, t. XXXVI, n° 188.

4. COLRAT P. (1903) : Sondage de Bertholène. *P.-V. Séances Soc. Let., Sc., Arts Aveyron*, t. XIX.

végétaux non déterminables (fragments de rachis, pinules isolées).

2. PONT DE MALRIEU, près de Gagnac ; Autunien de Vimenet : *Pecopteris* sp., *P.* fructifié, *Calamites cisti* BRONGN., *C. cf. gigas* BRONGN., *C. cf. leioderma* GUTB., *Asterophyllites equisetiformis* SCHLOTH. (avec tiges et épis fructifères), *Sphenophyllum tenuifolium* FONT. et WHITE.

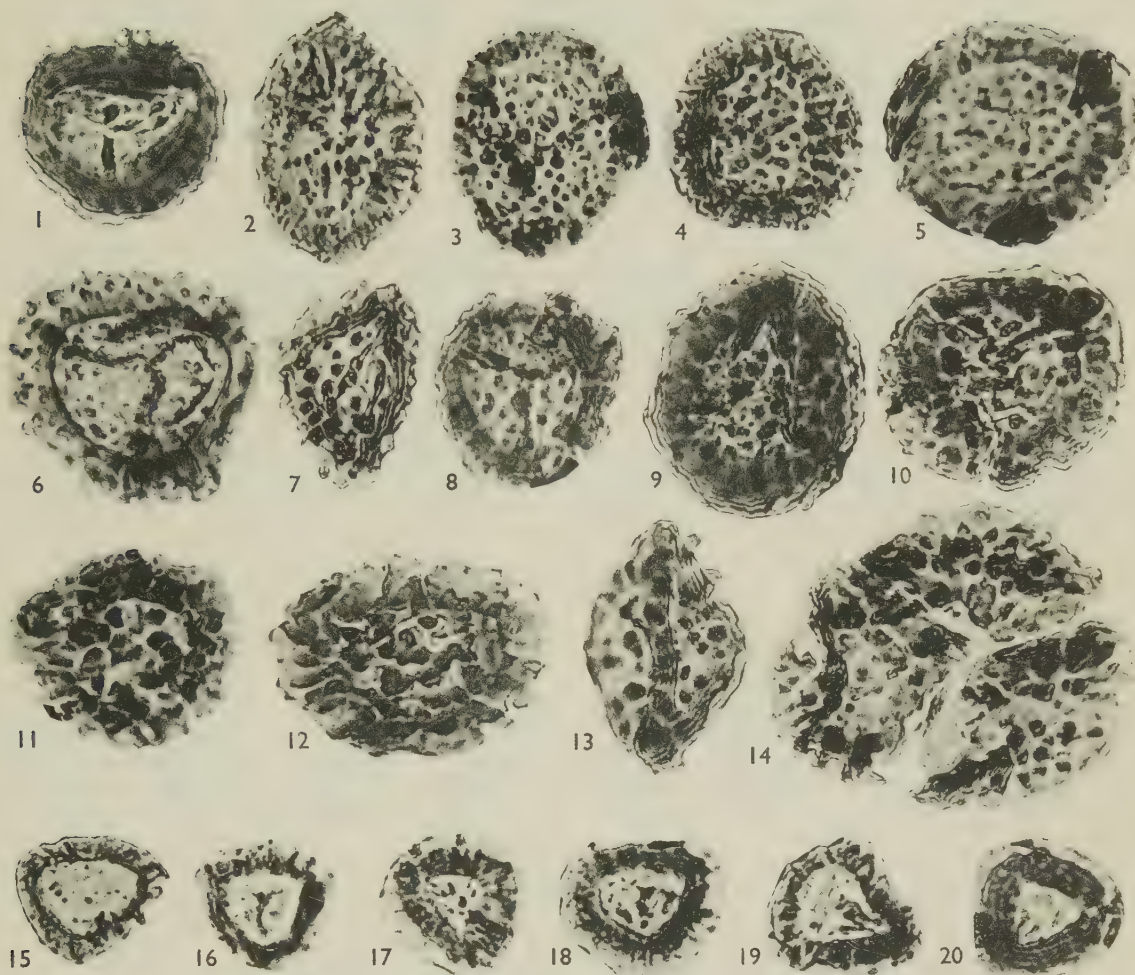
3. POMAYROLS, extrémité est du détroit de Rodez : *Callipteris conferta* STERNB., *Lebachia hypnoides* BRONGN., *L. sp.*, *Walchiostrobus* sp., graines, débris végétaux non déterminables.

Nos connaissances sur la flore autunienne locale sont donc encore trop sommaires pour

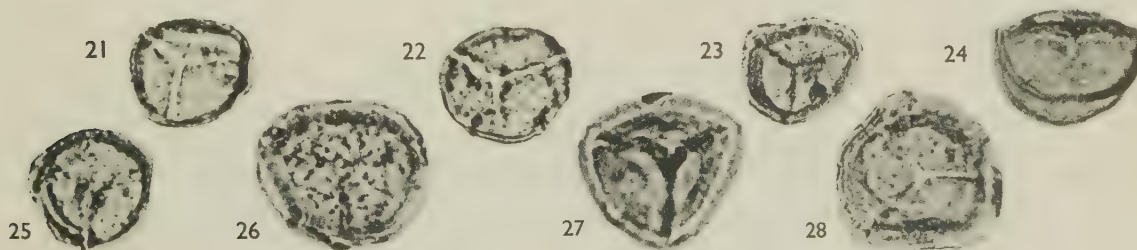
établir des comparaisons valables avec les régions où cette flore est mieux connue (Autun, Brive, Lodève). Provisoirement, on peut retenir la présence de très nombreux fragments de *Lebachia* et l'abondance d'*Estheria* du type *tenella* dans les schistes fins bleutés comme caractéristiques paléontologiques de l'Autunien du détroit de Rodez ⁵.

5. FEYS R. (1960) : Sur *Estheria tenella* et sur les *Estheria* du Permien inférieur. *B. S. G. F.*, (7), II, p. 610-620.

N° 1-16 DENSOSPORITES

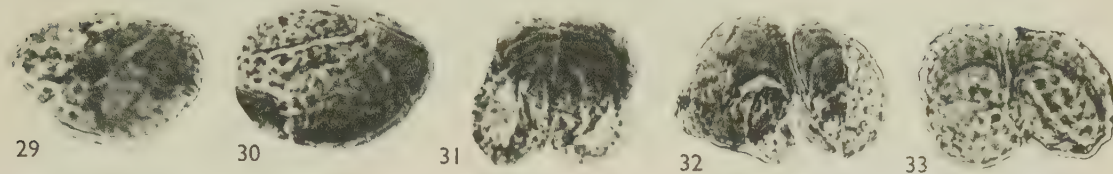


N° 3 LYCOSPORA

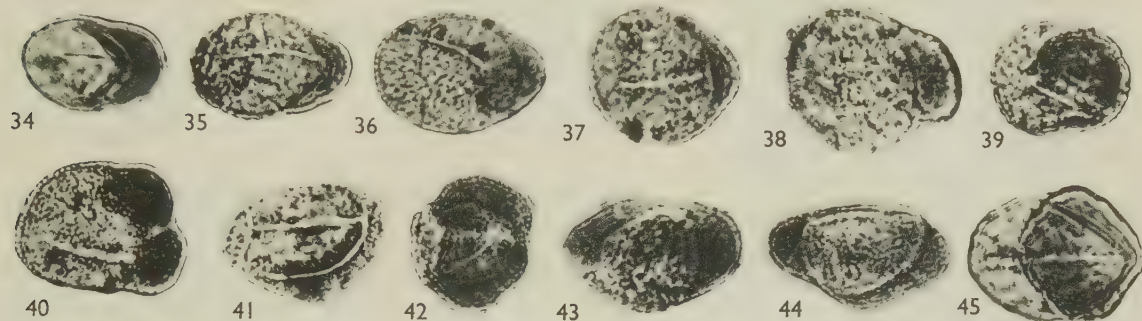


50 μ

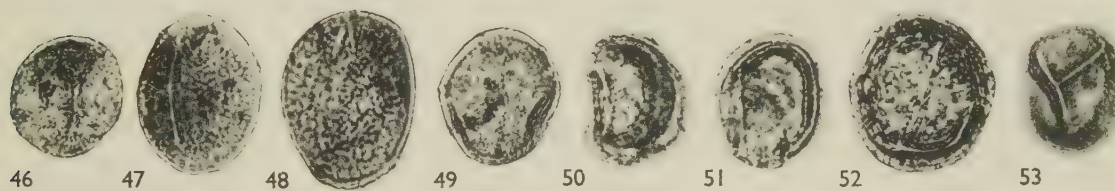
N° 44 TORISPORA verrucosa



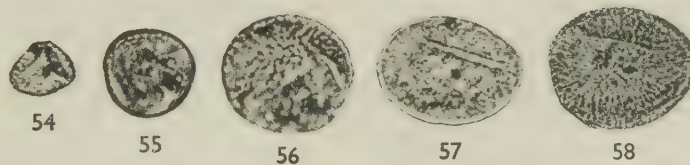
N° 51 TORISPORA



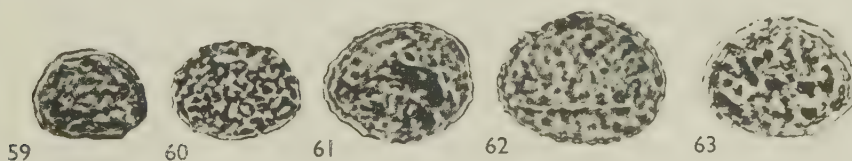
N° 56 CRASSOSPORITES



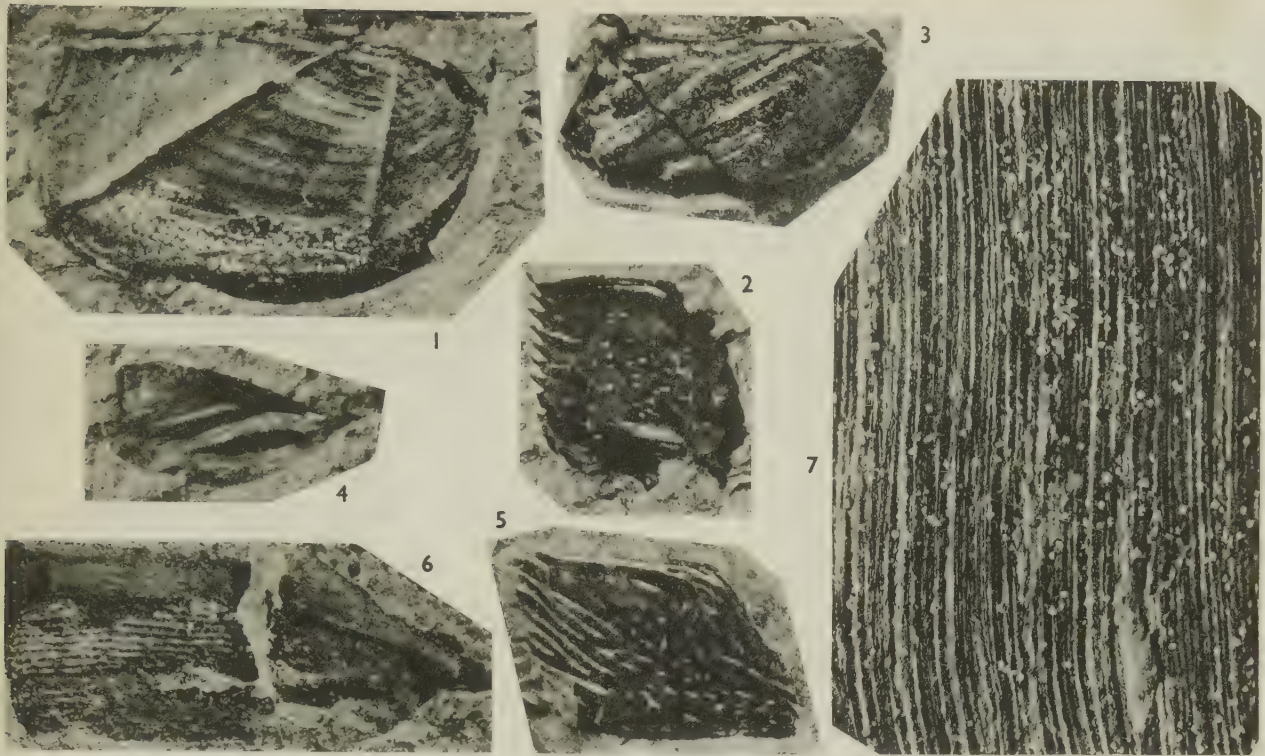
N° 53 PUNCTATOSPORITES

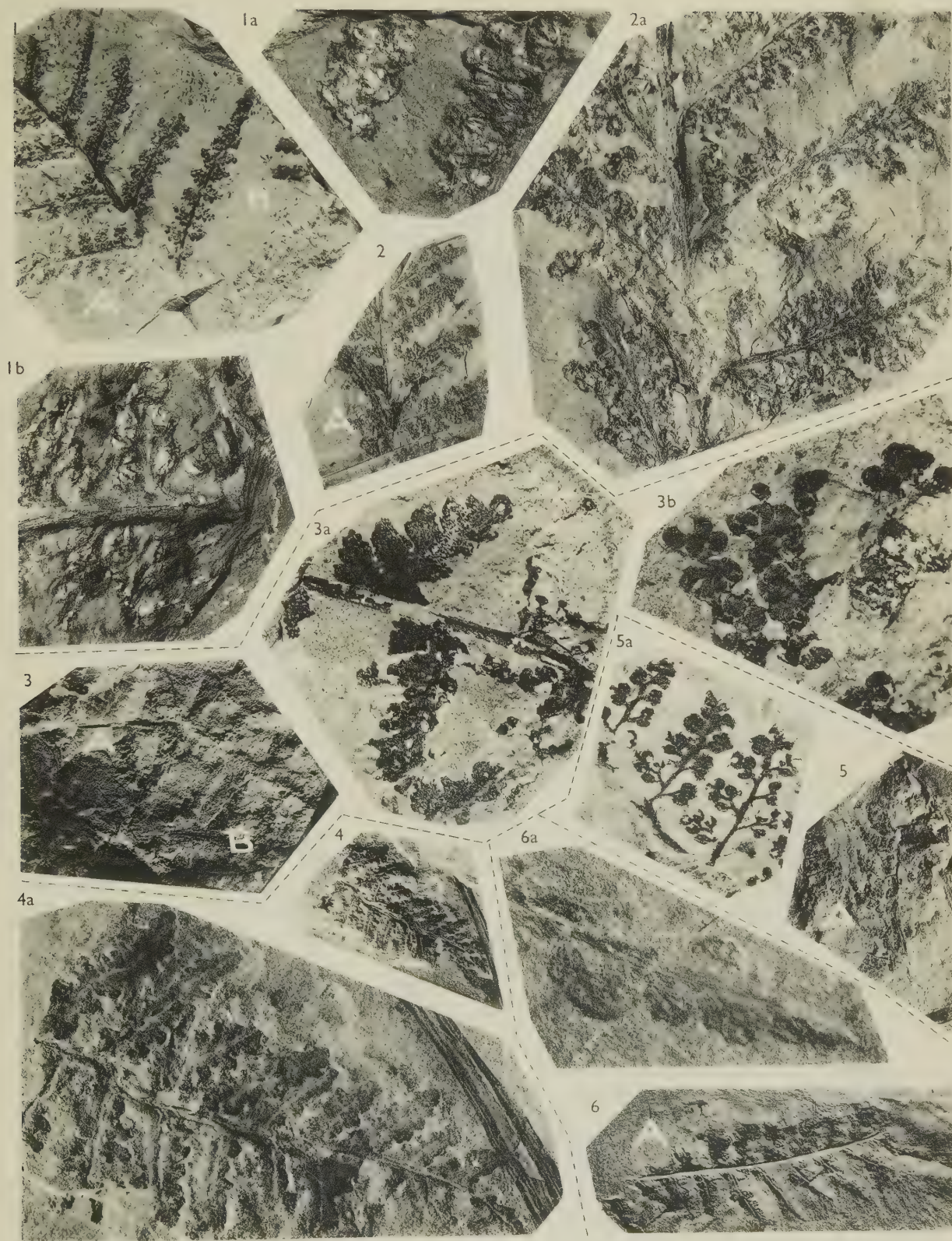


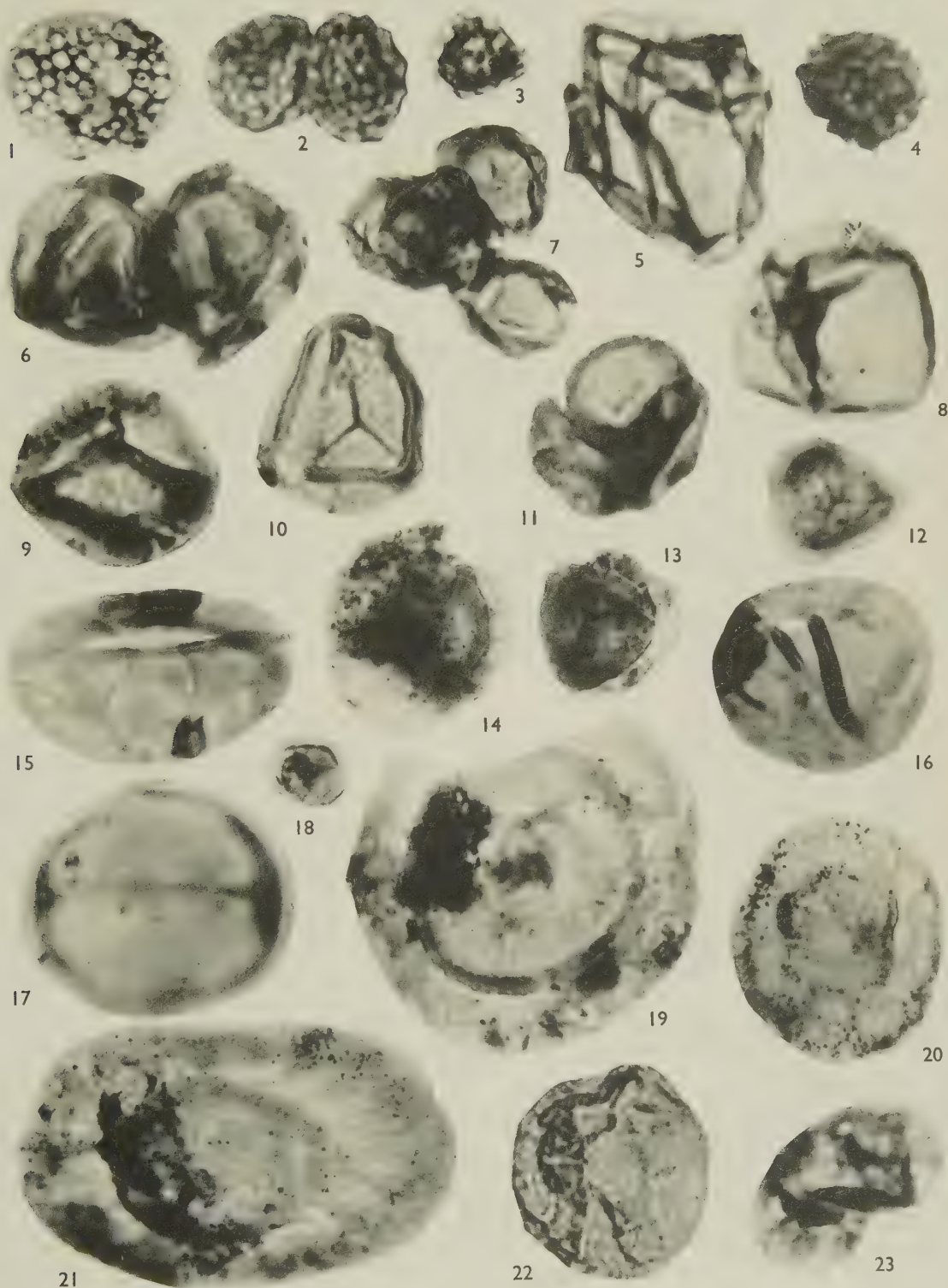
N° 66 VERRUCOSOSPORITES obscurus

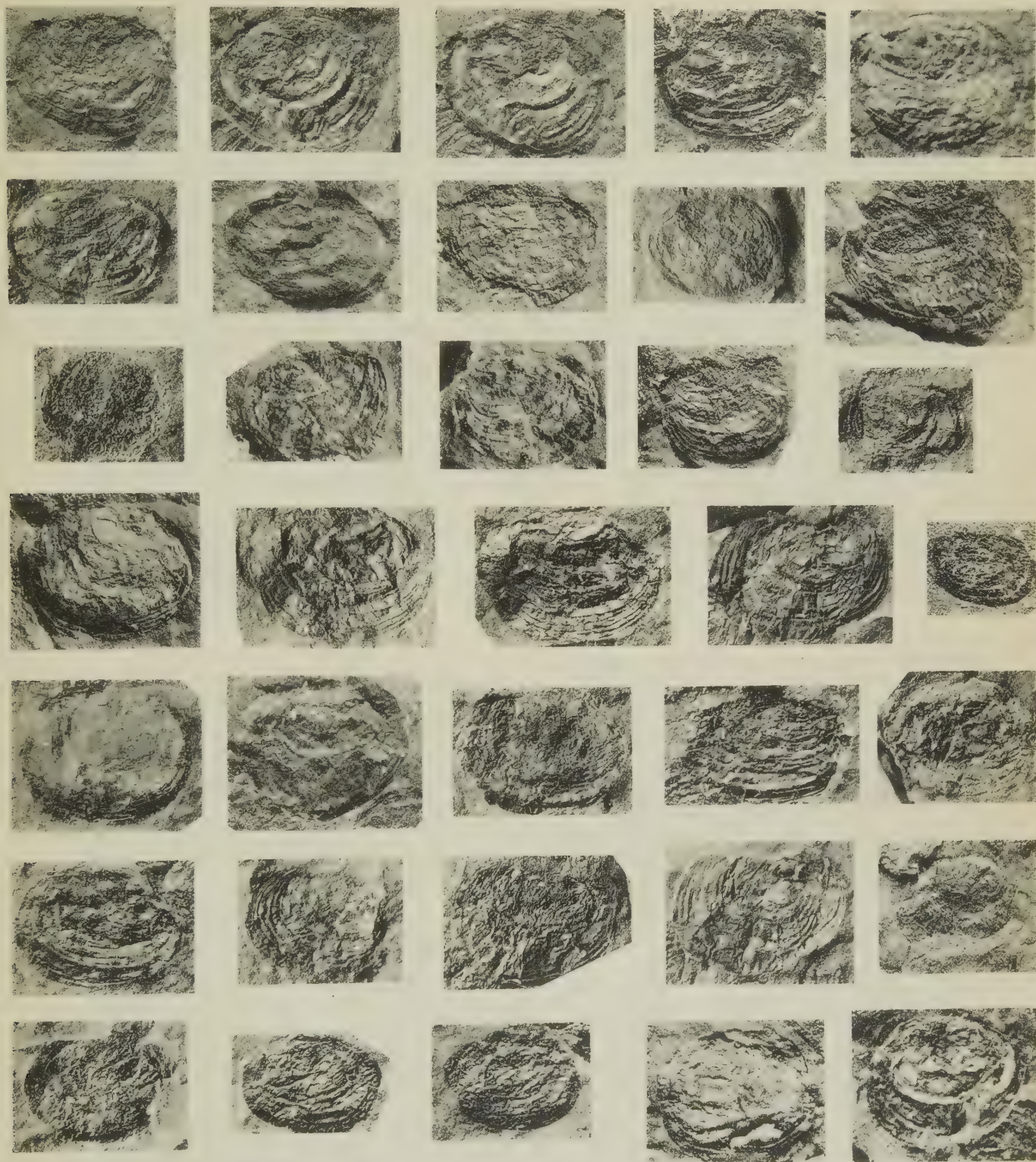


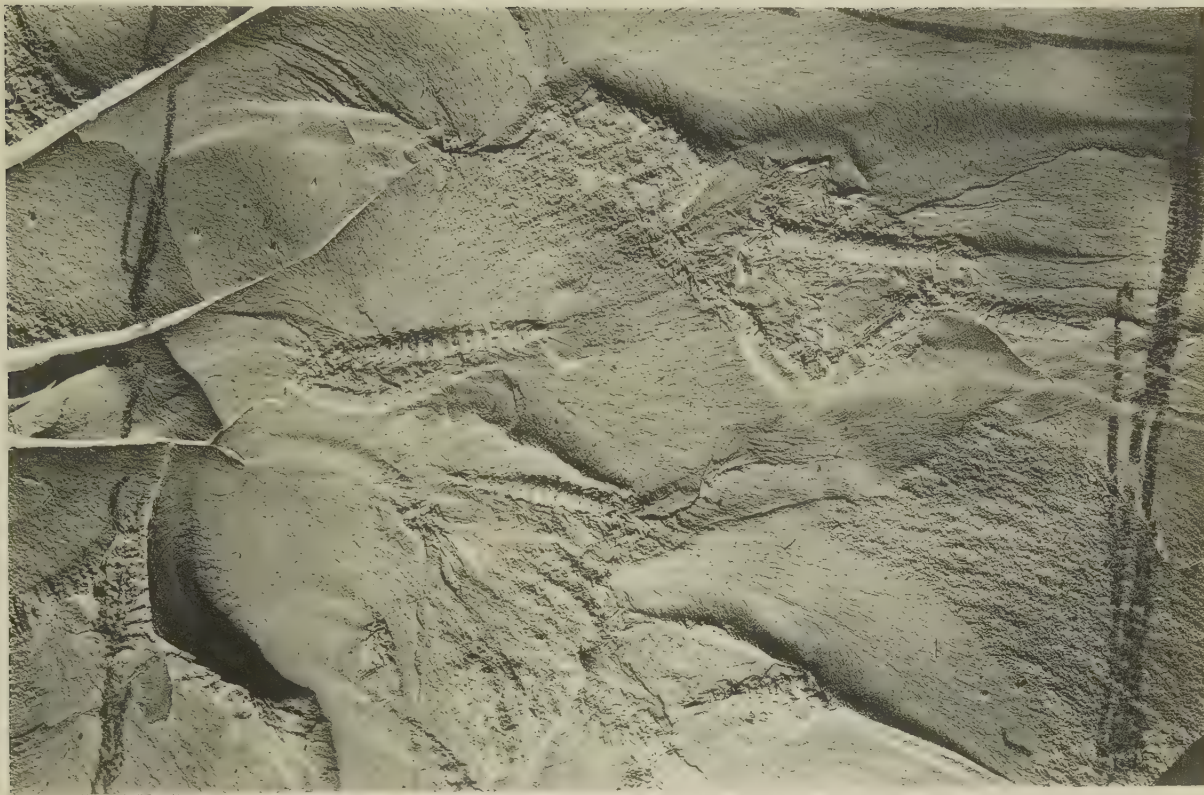
50 μ



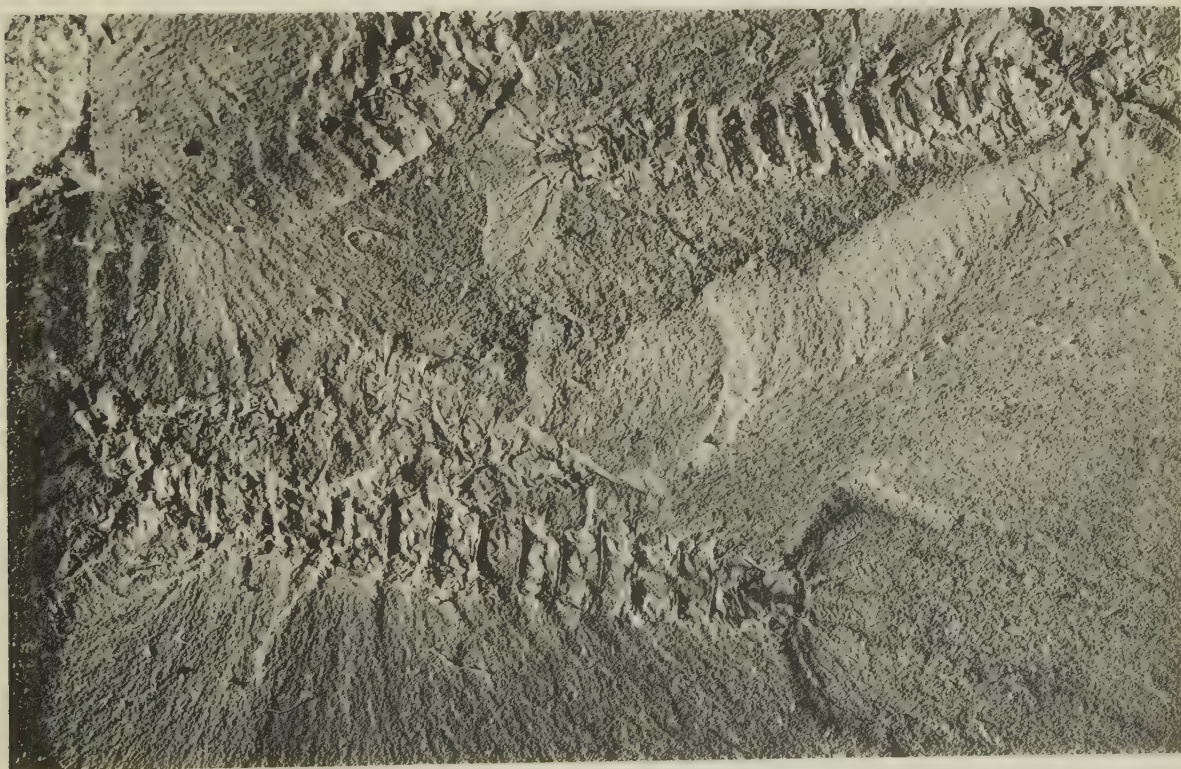




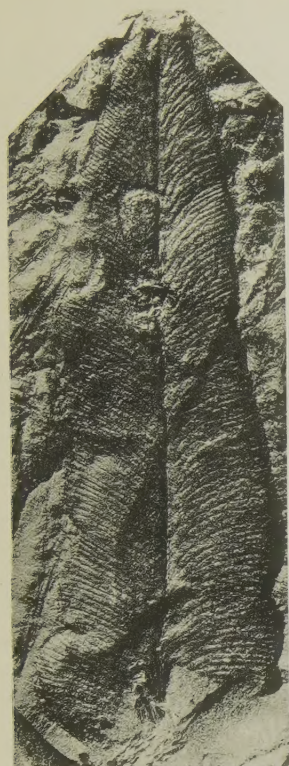




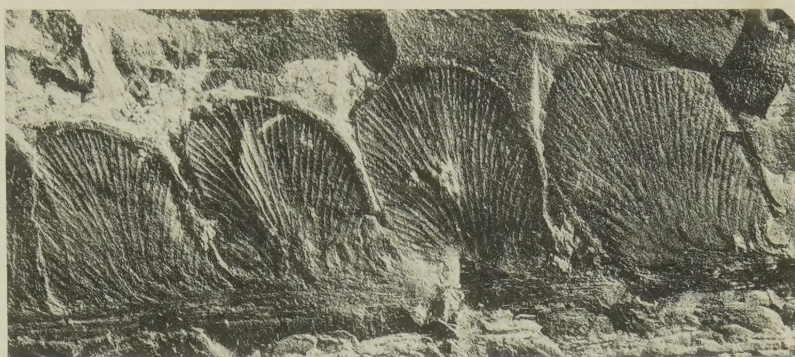
1



2



2



3



4



1

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Publications.

BULLETIN SIGNALÉTIQUE DU C. N. R. S.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE MENSUEL SPÉCIALISÉ
SIGNALANT PAR DE COURTS EXTRAITS CLASSÉS PAR MATIÈRE
TOUS LES TRAVAUX PUBLIÉS DANS LE MONDE.

Fasc. 10. Sciences de la terre I. Minéralogie, Géochimie, Pétrographie.

Abonnement : France : 20 NF. — Étranger : 25 NF.

Fasc. 11. Sciences de la terre II. Physique du globe, Géologie, Paléontologie.

Abonnement : France : 40 NF. — Étranger : 45 NF.

Abonnement et Vente au Centre de Documentation du C. N. R. S., 13, quai Anatole-France, Paris, 7^e.

LEXIQUE STRATIGRAPHIQUE INTERNATIONAL

L'ensemble du lexique comprendra 14000 p. environ et sera divisé en 6 vol. : Europe, U. R. S. S., Asie, Afrique, Amérique latine, Océanie.

Souscription ouverte au Service des Publications du C. N. R. S., 13, quai Anatole-France, Paris, 7^e.

ANNALES DE GÉOPHYSIQUE

REVUE INTERNATIONALE TRIMESTRIELLE

Taux d'abonnement : 30 NF.

Abonnement et Vente au Service des publications du C. N. R. S., 13, quai Anatole-France, Paris, 7^e.

NOTES BIOSPÉOLOGIQUES

2 FASCICULES PAR AN

Taux d'abonnement : France, 7 NF. — Étranger, 10 NF.

GROUPE FRANÇAIS DES ARGILES

Comptes rendus annuels des réunions d'études, t. X (1958) 10 NF.

Vente au Service des publications du C. N. R. S.

TABLE DES MATIÈRES

TOME II, N° 5

	Pages
B. Alpern. — Étude palynologique préliminaire du bassin de Lorraine. Application à la corrélation des couches (2 pl., 3 fig.).....	527
A. Bonnet, J. Fabre et R. Feys. — Le Carbonifère post-tassilien du bassin de Reggan (Sahara occidental) (1 pl., 2 fig.).....	534
A. Bouröz. — Le niveau marin de Wingles dans le Westphalien B du Pas-de-Calais (2 fig.).....	540
M. Buisine. — Extension verticale des Aléthoptéridées et formes voisines dans le bassin du Nord et du Pas-de-Calais.....	546
J. Carette, J. Cayeux, J. Danzé, J.-P. Laveine, A. Le Merrer et S. Vigreux. — Les spores de l'assise de Bruay dans l'Ouest du bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais.....	552
P. Corsin. — Classification des Ptéridophytes et des Ptéridospermophytes du Carbonifère.....	566
A. Dalinval. — Classification verticale des Pécoptéridées dans le bassin houiller du Nord de la France.....	573
J. Danzé. — Fructifications sphénoptéridiennes (1 pl., 1 fig.).....	581
P. Danzé-Corsin. — Sur les flores viséennes du Maroc.....	590
P. Dollé. — Micropoudingues et grès à galets mous du Westphalien C du bassin houiller du Nord-Pas-de-Calais (1 texte-pl., 2 fig.).....	600
J. Doubinger. — Étude palynologique de quelques échantillons de schistes autuniens (1 pl.).....	607
R. Feys. — Sur <i>Estheria tenella</i> et les <i>Estheria</i> du Permien inférieur (1 pl., 8 fig.)....	610
P. Freytet. — Stratigraphie et tectonique du bassin houiller de Montvicq (Allier) (5 fig.).....	621
M. Grangeon. — Observation sur la sédimentation houillère (12 texte-pl., 3 fig.).....	630
Ch. Greber et G. Lienhardt. — Stratigraphie du bassin houiller de Lons-le-Saunier (Jura) (note préliminaire).....	651
Ch. Ledran. — Sur les cuticules de Cordaïtales (note préliminaire) (2 fig.).....	653
Y. Lemoigne. — Sur la structure des Sigillaires (1 fig.).....	657
G. Lienhardt. — Caractères généraux des tonsteins du bassin stéphanien de Lons-le-Saunier (Jura) (note préliminaire) (3 fig.).....	661
Ch. Louvel. — Ramification d'une tige principale de <i>Lyginopteris oldhamia</i> BINNEY (5 fig.).....	666
J. de Maistre. — Une plante-guide du Stéphanien du bassin de Saint-Étienne : <i>Odonopteris pseudoschlotheimi</i> nov. sp. (1 pl., 2 fig.).....	673
H. et G. Termier. — L'épeirogénèse méso-carbonifère et ses conséquences.....	677
A. Vandenberghe. — <i>Pringlia demaistrei</i> nov. sp., un Xiphosure (Chélicérate) du Stéphanien de la Loire (1 pl.).....	687
A. Vandenberghe. — Un Arthropode du terrain houiller de la Loire : <i>Eileticus pruvosti</i> nov. sp. Position systématique du genre <i>Eileticus</i> SCUDDER (1 pl., 2 fig.).....	690
P. Vetter. — Sur la flore autunienne du détroit de Rodez (note préliminaire).....	693

La gérante de la Soc. géol. : M. ODIER.